

TAMPEREMANIN TARİHÇESİNE KISA BİR BAKIŞ

Araş. Gör. Dr. Caner Kalender*
Prof. Dr. Dolunay Akgül Barış**

Özet: Bu çalışma bir derleme makalesi olup, piyano ve sabit perdeli çalgıların akort sistemi olarak bilinen eşit tamperemanın tarihsel gelişim sürecini incelemeyi amaçlamaktadır. Tampereman, kısaca müzikal aralıkların doğal (Just Intonation) dizideki karşılıklarından belirli oranlarda değiştirilmesi şeklinde tanımlanmaktadır. 1300'lü yılların sonu itibariyle klavyeli çalgıların çoğunda seslerin tampere edildiği bilinmektedir. Yazılı olarak tarifi yapılan ilk yöntem, "ara-ses" adı verilen tamperemandır. Bu yöntemde üçlülerin doğal veya doğala yakın olmasına önem verilmiş, öte yandan beşliler bir miktar pesleştirilmiştir. Ara-ses tamperemanında bazı aralıklarının aşırı tiz veya pes olması ve kullanılmayan tonalitelerin bulunması düzensiz tamperemanların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Düzensiz tamperemanlarda aynı isimli birden fazla aralık bulunmasına rağmen, tüm tonların kullanılabilir olması sebebiyle, bu yöntem iki yüzyıl kadar klavyeli çalgılarda uygulanmıştır. Ara-ses tamperemanı ve düzensiz tamperemanlar kullanılırken dahi, eşit tamperemanın önemi ve gerekliliği teorisyenlerin hep savunduğu bir konu olmuştur. Eşit tampereman 1570'li yıllarda perdeli çalgılarda uygulanmaya başlamış, klavyeli çalgılarda ise çok daha geç tarihlerde kabul görmüştür. 1876 yılında Alexander J. Ellis'in ortaya koymuş olduğu cent sistemi eşit tamperemanın hesaplanmasında dönüm noktasıdır. 20. yüzyılda uluslararası sanat müziğinde 12 ton müziğinin yaygınlaşması ile eşitsiz tamperemanların sonu gelmiş, klavyeli ve perdeli çalgılar için ortak bir akort sistemi olarak kabul görmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tampereman, Eşit Tampere Sistem, Just Intonation, Akort, Tuşlu ve Perdeli Çalgılar.

Geliş Tarihi: 14.10.2021

Kabul Tarihi: 15.04.2022

Makale Türü: Derleme Makalesi

*Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Güzel Sanatlar Eğitimi Anabilim Dalı, Bolu, Türkiye
canerkalender123@gmail.com ORCID: 0000-0003-0100-9771

**Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Güzel Sanatlar Eğitimi Bölümü, Türkiye, dolunayakgul@hotmail.com
ORCID: 0000-0001-7920-4062

A BRIEF OVERVIEW OF THE HISTORY OF TEMPERAMENT

Rsch. Asst. Dr. Caner Kalender*
Prof. Dr. Dolunay Akgül Barış**

Abstract: This study is a review article and aims to examine the historical development process of equal temperament, known as the tuning system of piano and fixed-fretted instruments. Temperament is briefly defined as changing musical intervals from their counterparts in the natural (Just Intonation) scale at certain rates. As of the end of the 1300s, it is known that most keyboard instruments were tempered. The first method described in writing is the temperament called “mean-tone”. In this method, importance was given to the thirds being natural or close to nature, on the other hand, the fifths were slightly lowered. In the mean-tone temperament, some intervals which are excessively high or low and the presence of unusable scales has led to the emergence of irregular temperaments. Although there are more than one interval with the same name in irregular temperaments, this method has been applied to keyboard instruments for about two centuries, since all scales can be used. Even when using mean-tone temperament and irregular temperament, the importance and necessity of equal temperament has always been a subject advocated by theorists. Though equal temperament began to be practiced on fretted instruments in the 1570s, it was accepted much later in keyboard instruments. The cent system, which was introduced by Alexander J. Ellis in 1876, is a turning point in the calculation of equal temperament. With the spread of 12-tone music in international art music in the 20th century, unequal temperaments came to an end, and it was accepted as a common tuning system for keyboard and fretted instruments.

Keywords: Temperament, Equal Temperament, Just Intonation, Tuning, Keyboard and Fretted Instruments.

Received Date: 14.10.2021

Accepted Date: 15.04.2022

Article Types: Review Article

*Bolu Abant İzzet Baysal University, Institute of Graduate Studies, Department of Fine Arts Education, Bolu, Turkey, canerkalender123@gmail.com ORCID: 0000-0003-0100-9771

**Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Education, Department of Fine Arts Education, Bolu, Turkey, dolunayakgul@hotmail.com ORCID: 0000-0001-7920-4062

1. GİRİŞ

Temperament (ing.) kelimesinin bazı müzik sözlüklerine göre tanımları aşağıda verilmiştir:

“Aralıkların Pisagor sistemi¹ veya Just Intonation² gibi dizilerdeki (titreşimsel olarak) kusursuz hallerinden saptığı akort sistemi” (Apel, 1974, s. 835).

“Müzikal aralıkları doğal dizideki durumlarından farklı şekilde ayarlayarak si \sharp -do veya do \sharp -reb gibi anarmonik seslerin aynı duyulmasını sağlamak. Bu işlem ile notalar doğal olmamakla birlikte kulağın kabul edeceği kadar yeterlidir” (Kennedy, 2003, s. 2153).

“Çeşitli akort yöntemlerine verilen isimdir. Bu yöntemlerde özellikle tam beşli veya büyük üçlü gibi uyumlu aralıkları tizleştirme veya pesleştirme yöntemiyle doğal hallerinden daha az kusursuz hale getirmek için kullanılır” (Fuller Maitland, 1910, s. 70).

Eşit tampere sistem³, eşit tempereman, tampere sistem, 12 eşit aralıklı dizi gibi pek çok farklı isimle anılan sistem sadece sözlüklerdeki karşılığı verilerek geçilebilecek bir müzik terimi değil (Say, 2002), müzik sanatının tarihsel gelişimi sonucunda ortaya çıkmış bir kavramdır.

Eşit tampere sistem basitçe, bir oktav aralığının 12 eşit parçaya bölünerek her bir aralığın birbirine eşit uzaklıkta olduğu sistem olarak tanımlanabilir (Lindley, 2001). Günümüzde uluslararası sanat müziğinin temelini oluşturan bu dizinin oktav aralığı hariç tüm sesleri çeşitli miktarlarda doğal hallerinden değiştirilmiştir. Bu işlem, tonal olarak aktarmada, çokseslilikte, çalgı tasarlamada kolaylık ve sadeliğin yanı sıra, nota yazımı ve eğitim sürecinde de çeşitli avantajlar sağlamıştır (Karaosmanoğlu, 2017).

Tampereman çalışmaları, doğal sesleri kullanan sistemlerin bazı dezavantajları yüzünden bir gereklilik olarak ortaya çıkmıştır. Tampere sistemler ile ilgili bölüme geçmeden önce doğal sesleri kullanan sistemlerin sorunlarına ve tampereman çalışmalarını hazırlayan sürece değinmek yerinde olacaktır.

8. yüzyıldaki kilise müziğinde paralel dörtlü ve beşlilerin kullanımı armoninin ilk örnekleri olarak değerlendirilmektedir. 13. yüzyıla kadar yalnızca tam dörtlü, beşli ve oktav aralıklarının uyumlu sayılması, büyük üçlü ve altılı aralıkların uyumsuz olarak görülmesi Pisagor sisteminin⁴ kullanılıyor olması ile ilişkilendirilmektedir (Benson, 2008; http-1).

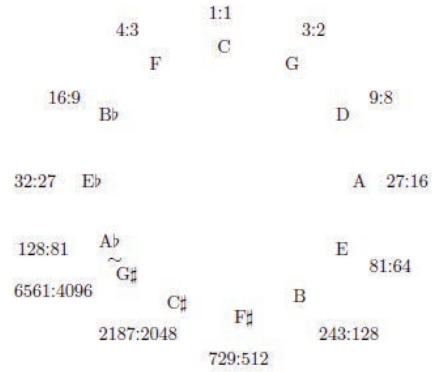
¹Pisagor sistemi, kökeni M.Ö. 2700'lü yıllara dayandırılan, ismini Yunan filozofu Pisagor (MÖ. 570-495)'dan alan sistem. (Partch, 1974).

²Just Intonation, dizideki tüm seslerin doğal beşli (3:2, 702 cent) ve doğal üçlülerden (5:4, 386 cent) yararlanılarak oluşturulduğu, böylece doğal seslerden oluşturulan dizi olarak tanımlanmaktadır (Boyden, 1951). Türkçede, Zeren (1997) tarafından “Doğal Sistem”, Karaosmanoğlu (2017) tarafından Tam Tınılamalı veya Doğal Dizi olarak sözü edilen sistemden, bu makalede “doğal dizi” olarak bahsedilecektir. Literatürde bu diziyeye ait seslerden söz edilirken örneğin, bu dizinin üçüncü derecesinden veya üçlü aralığını ifade ederken kullanılan “just third” ifadesi, Türkçeleştirilirken “doğal üçlü” olarak çevrilmiştir. Bu diziyeye ait sesler kaynaklarda “natural, pure” gibi ifadeler ile tanımlandığı için, makalede de doğal dizi veya doğal diziyeye ait seslerden söz edilirken “doğal, saf, kusursuz” kelimeleri kullanılacaktır. Nitekim ‘doğal ses’ kavramı kullanıldığında sözü edilen notanın doğal dizideki karşılığı, frekansı ifade edilmektedir.

³Uluslararası sanat müziğinin temelini oluşturan piyanonun akort sisteminden söz ederken araştırmacıların literatürde şu ifadeleri kullandıkları tespit edilmiştir: tampere sistem, tampere ses sistemi, 12 eşit aralıklı tempereman, 12 eşit aralıklı dizi (Albuz, 2011); eşit tampere sistem (Şenel, 2021); 12 eşit aralıklı tampere sistem (Özkeleş, 2017); 12 eşit temperemanlı sistem (Karaosmanoğlu, 2000); 12 TET, 12 ton eşit tempereman (Karaosmanoğlu, 2017); Tampereman ses sistemi (Açın, 1999); Tampereman (Karolyi, 1996; Say, 2002); Eşit düzenli sistem (Karolyi, 1996); eşit temperemanlı dizi (Zeren, 1997); tampereman, eşit aralıklı tampereman (Zeren, 1998); yedirimli veya eşit yedirimli dizi (Parker, 2015). Buradaki ifadelerin hepsi bir oktav aralığının 12 eşit parçaya bölünmesi ile oluşturulan akort sisteminin tanımlanmasında araştırmacılar tarafından uygun görülmüştür. Bu doğrultuda, makalede yukarıdaki ifadelerden “Eşit tampere sistem, eşit tempereman, tampereman, 12 eşit aralıklı dizi” kavramları tercih edilmiştir.

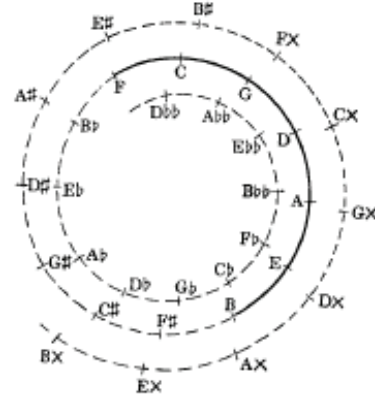
⁴Pisagor sisteminde büyük üçlü aralığı 408 cent değerinde olup doğal üçlülerden 22 cent tizdir. 12 eşit aralıklı dizide büyük üçlü 400 cent'tir. Büyük altılı aralığı Pisagor sisteminde 906, doğal dizide 884, 12 eşit aralık dizide ise 900 cent'tir (de Klerk, 1979).

M.Ö. 6. yüzyılda yaşamış filozof, matematikçi, dini ve siyasi lider (Riedweg, 2005 s. 15) Pisagor'a atfedilen⁵ bu sistemdeki tüm sesler, bir başlangıç sesinden itibaren doğal beşliler (702 cent) ile ilerleyerek elde edilmektedir. Buradaki sorun, arka arkaya 12 adet doğal beşli ile ilerlendiğinde varılan sesin, başlangıç sesinin frekansının ilgili oktavdaki karşılığına eşit olmamasıdır. Aşağıdaki görselde Ab (la bemol) - G# (sol diyez) seslerinde gösterilen bu fark, Pisagor koması olarak adlandırılmaktadır. Oransal⁶ olarak gösterimi 531441:524288 olup, yaklaşık 23.5 cent⁷e eşittir (Benson, 2008; Partch, 1974).



Görsel 1. Pisagor Sisteminde 5'liler çemberi (Benson, 2008).

Pisagor sisteminde doğal beşliler ile ilerleme sonucunda başlangıç sesinin ilgili oktavdaki katına varılamaması, bu sistemin tamamlanan bir beşliler çemberinden ziyade kapanmayan sonsuz bir sarmal olarak nitelendirilmesine yol açmıştır (Benson, 2008). Nitekim başlangıç sesi olarak do alındığında, on ikinci ses olan si#'in do'dan bir Pisagor koması tiz olduğu bulunmuştur. Bu sistemde anarmonik seslerin birbirine eşit olmaması sebebiyle dizideki tüm seslerin elde edilebilmesi için bir oktav aralığında toplam 23 perde gerekmektedir (Karaosmanoğlu, 2017). Bu durumun da sabit perdeli çalgıların tasarlanmasında, akortlanmasında önemli ölçüde sorun teşkil ettiği ayrıca transpoze ve modülasyon konularında da problem yarattığı görülmüştür.



Görsel 2. Pisagor Sisteminde 5'liler sarmalı (Can, 2001, s. 148).

⁵Doğal beşliler ile oluşturulan ilk dizi, M.Ö. 27. yüzyılda Çin İmparatoru Huang-Ti'nin emrinde müzik direktörü olarak çalışan Lung Lin'e aittir. Bambu borularını 81 parçaya bölerek yaptığı hesaplamalarda 3:2 oranının katlarını alarak 5 sesli Çin pentatonik dizisini (do-re-mi-sol-la) oluşturmuştur. Ardından bu çalışma ile yetinmeyerek 12 sesli Pisagoryen diziyi hesaplamıştır. Böylece Pisagor'a atfedilen 3:2 oranları ile dizi oluşturma yaklaşımının Lung Lin'e dayandığı söylenebilir (Partch, 1974; Yang, An ve Turner, 2005).

⁶Tarihte aralıkların hesaplanmasında ilk olarak bambular ve daha sonraları monokord (tektel) denilen çalgının kullanıldığı bilinmektedir. Her iki yöntemde de müzikal aralıklar oranlar ile gösterilmiştir. Örneğin tam beşli aralığı için 3:2, oktav aralığı için 2:1 oranı hesaplanmıştır. Referans ses olarak aldığımız 440Hz la sesini 2:1 ile çarptığımızda 880Hz değerini elde ederiz ki bu 440Hz frekansa sahip la notasının bir oktav tizdeki karşılığıdır. Aynı yöntem ile 3:2 ile çarptığımızda la notasının tam beşlisi olan 660 Hz frekanslı mi notasını elde ederiz. Aralıkların hesaplanmasında oransal gösterim halen kullanılmaya devam etmektedir.

⁷Alexander J. Ellis'in ortaya koymuş olduğu bu sisteme göre bir oktav aralığı 1200 eşit parçaya bölünmüş ve bu parçalara cent adı verilmiştir. Bu sistemde en küçük müzikal aralık küçük ikili olup, bir oktavda 12 adet küçük ikili aralığı bulunmakta ve her biri 100 cent olarak hesaplanmaktadır. Cent sistemi günümüzde piyano akordunun temelini oluşturan eşit temperamanın matematiksel hesaplamalarında kilit rol oynamıştır (Jorgensen, 1991). Detaylı bilgi için (bkz. 5. Eşit Temperamanın Hesaplanması)

1200'lü yıllarda üçlü ve altılıların uyumlu aralık olarak değerlendirilebileceği ile ilgili görüşler yayılmaya başlamış; şarkıcıların büyük üçlü ve küçük üçlü aralıklarını seslendirirken Pisagor sistemindeki karşılıkları yerine sezgisel olarak 5:4 ve 6:5⁸ oranını kullandıkları dile getirilmiş ve yeni yazılan çoksesli eserlerde bu aralıklara yer verilmeye başlanmıştır (Barbour, 2004; Benson, 2008; Snyder, 1983). Doğal dizideki sesleri kullanan ilk müzik insanları⁹ Didymus (M.Ö. 1. yüzyıl) ve Batlamyus (M.S. 100-170)'a olarak bilinmektedir (Barbour, 2004; Benson, 2008). Doğal dizi, en uyumlu tınlayan aralıkların süperpartiküler¹⁰ oranlar olduğu görüşüne dayanmaktadır (Barbour, 2004). Bu dizideki seslerin arasındaki oransal ilişki incelendiğinde iki farklı büyük ikili aralığı (9:8 - 204 cent ve 10:9 - 182 cent) ve bir küçük ikili (16:15 - 112 cent) aralığı olduğu görülmektedir. İki adet küçük ikili aralığının toplamının büyük ikililerden herhangi birisine eşit olmaması ve farklı büyüklüklerdeki büyük ikili aralıklarının var olması çokseslilik, modülasyon ve aktarma konusunda sorun yarattığı belirtilmektedir (Benson, 2008; Lapp, 2003; Parker, 2015). Doğal dizideki seslerin kullanımında oluşan sorunlar Barbieri ve Mangsen (1991)'in örneği üzerinde şu şekilde gösterilebilir:

Do-Fa¹¹ --- Fa-La¹² -- La-Re -- Re-Sol -- Sol-Do

Yukarıdaki aralıklar seslendirilirken doğal dizideki değerleri üzerinden bir hesaplama yaparsak $4:3 \times 5:4 \times 4:3 \times 4:3 \times 4:3 = 320:81$ oranını buluruz. Cent değerleri üzerinden gösterirsek bu aralıklar $498 + 386 + 498 + 498 + 498 = 2378$ cent değerine eşittir. Oktav aralığının 1200 cent olduğu göz önünde bulundurularak, bitiş sesinin başlangıç sesi olarak alınan do'nun iki oktav yukarısında olması sebebiyle aradaki mesafe 2400 cent olacaktır. Yapılan hesaplamalara göre yukarıdaki aralıkların doğal dizideki sesler kullanılarak seslendirilmesi durumunda 4:81 oranı veya 22 cent kadar başlangıç sesinden pes olduğu görülmektedir¹³.

12 notadan oluşan bir oktav aralığında arka arkaya üç adet büyük üçlü bulunmamaktadır. Örneğin: do-mi + mi-sol \sharp + (sol \sharp)lab-do. Oktavu oluşturan üç adet büyük üçlü aralığını doğal üçlü olarak hesaplandığında oktav aralığı 2:1 oranı yerine: $5/4 \times 5/4 \times 5/4 = 125/64$ veya 1,953:1 oranına eşit bulunmamaktadır. Cent değeri ile ifade etmek gerekirse, doğal büyük üçlü aralığı 386 cent olarak bilindiğine göre üç ardışık doğal üçlünün toplamı $386 + 386 + 386 = 1158$ cent yapmakta, 1200 cent olarak bilinen oktav aralığı arasında 42 cent'lik, küçük ikili (100 cent) aralığının neredeyse yarısı kadar bir fark oluşmaktadır.

⁸Doğal küçük üçlü, 316 cent değerindedir (de Klerk, 1979).

⁹Doğal üçlünün Pisagor üçlüsüne göre daha uyumlu tınladığının keşfedilmesi M.S. 1. yüzyıl ve daha öncesine dayansa da; üçlü ve ve altılıların uyumlu olarak görülmemesi, tek sesli Gregorjen ilahilerinin ve paralel dörtlü, beşlilere dayanan basit çokseslilik örneklerinde Pisagor sisteminin sorunsuz çalışması sebebiyle Orta Çağ'a kadar farklı bir arayışa girilmemiştir (Barbour, 2004).

¹⁰Süperpartiküler oran (1+1:n) olarak tanımlanmaktadır (http-2). Örnek olarak; 2:1 (oktav), 3:2 (tam beşli), 4:3 (tam dörtlü); 5:4 (büyük üçlü), 6:5 (küçük üçlü) vs.

¹¹Doğal dizide göre tam dörtlü aralığının oransal değeri 4:3 olup 498 cent değerindedir. Eşit tamperemanda tam dörtlü aralığı 500 cent değerindedir (de Klerk, 1979).

¹²Doğal dizideki büyük üçlü aralığının oransal değeri 5:4 olup, 386 cent değerindedir. Eşit tamperemanda büyük üçlü aralığı 400 cent değerindedir (de Klerk, 1979).

¹³İnsan kulağının ses ayırt etme becerisi ile ilgili yapılan araştırmalarda ayırt edilebilecek en düşük seviye just noticeable differences of frequency kısaca JND olarak tanımlanmıştır. Bu seviye dinleyenin müzikal deneyimi, test koşulları ve eğitim düzeyine göre değişebilmektedir (Morrison ve Fyk, 2002, s. 184). Yapılan araştırmalara göre 500 Hz'in altındaki frekanslarda JND değeri 1 Hz olarak ölçülmüş (Fastl ve Zwicker, 2007.); 500-4000 Hz aralığında yapılan bir deneyde küçük ikili (100 cent) aralığının 1/30'undan (yaklaşık 3 cent) daha küçük aralıkların duyulabildiği tespit edilmiştir (Wood, 1962). JND değerinin 10 cent civarında bulunduğu araştırmalar olmakla birlikte (Hill ve Summers, 2007; Parncutt ve Cohen 1995), uygun koşullar altında 2 cent'ten küçük aralıkların tespit edildiği araştırmalar da bulunmaktadır (Fyk, 1982; Rakowski, 1978; Vos, 1982).

Bunun anlamı şudur: 12 eşit aralıklı dizide büyük üçlü aralığı olarak doğal dizideki karşılığının kullanılması mümkün değildir (Duffin, 2008, s. 18).

Doğal aralıkların bir oktav içerisinde kullanılabilmesi için perde sayısı konusunda (piyano, org, gitar gibi sabit perdeli çalgılarda) sınırlama olmamalı ve değişecek her tonalite için yeniden akort yapılmalı, perde aralıkları baştan ayarlanmalıdır. Bu durum uygulamada mümkün olmadığı için zaman içerisinde tampere etme işlemi kaçınılmaz olmuş, çözüm ise şöyle bulunmuştur: oktav aralığı dışındaki tüm aralıklar bir miktar akort dışına çıkarılacak, kulağı çok fazla rahatsız etmeden hafifçe bozulacaktır. Bu işlem günümüzde 12 eşit aralıklı diziyi temel alan tüm sabit perdeli çalgılarda uygulanmaktadır (Grove, 2009, s. 70).

Tarihte pek çok tampereman çalışması yapılmış, sayısız müzik adamı ve matematikçi kendi formülünü geliştirmiştir. Tampereman yaklaşımları uzmanlar tarafından iki kategoriye ayrılmaktadır; düzenli (regular) veya ara-ses (mean-tone) tamperemanları, düzensiz (irregular) veya iyi, uygun tamperemanlar (Karaosmanoğlu, 2017).

2. ARA-SES TAMPEREMANI

İlk tampereman fikrinin milattan çok önce Çin'de ortaya çıktığı rivayet edilmekle birlikte, Aristoteles'in öğrencilerinden Aristoksenos (M.Ö. 4. yüzyıl)'un, kusursuz beşlilerden oluşan Pisagor sistemindeki Pisagor komasının diğer seslere dağıtılmasını savunan ilk isimlerden birisi olduğu kaynaklarda geçmektedir (Helmholtz, 1895). Nitekim bu ifadeler, tamperemanın bilinçli olarak yürütülmeye başlanan müzik çalışmalarıyla paralel olarak ortaya çıktığını, bir gereklilik olarak görüldüğünü ve kökeninin

iki bin yıldan çok daha öncesine dayandığını göstermektedir. Tamperemanın ilk nerede ve nasıl çıktığı ile ilgili yazılı kaynaklar yetersiz olsa da, 1400'lü yıllarda ara-ses tamperemanına dair tartışmaların yer aldığı yazılı kaynaklar günümüze ulaşmıştır (Lindley, 1975). 1400'lü yıllardan önce Pisagor sistemi ve doğal dizinin kullanımda olup, özellikle doğal dizinin melodi çalarken iyi sonuç vermesine rağmen çok seslilikte sorun yarattığı ve klavyeli çalgılar için uygun olmadığı kendi döneminde dahi biliniyordu. Değişen tonalitelere göre perdelerin farklılaşması sebebiyle belirli aralıkların tampere edilmesi kaçınılmaz duruyordu (Rasch, 2006, s. 201).

Yazılı olarak günümüze ulaşan en eski tampereman tarifi 1523 yılında yayımlanan Toscanella in Musica kitabında Pietro Aaron (1480-1545)'a aittir (Apel, 1974; Barbour, 2004). Aaron'a göre:

“Akort üç aşamalı olarak gerçekleştirilmelidir. İlk olarak, do-mi aralığı tınlayıcı ve doğal (Just Intonation) ayarlanmalıdır. Bununla birlikte, do-sol aralığı 'hafif pes' yapılmalıdır. Sol-re aralığı aynı şekilde 'hafifçe' pesleştirilmeli ve la sesi re-la ve la-mi aralıklarının eşit olabileceği şekilde ayarlanmalıdır. Bu dört aralığın eşitliği kulak ile belli bir dereceye kadar halledilebilir. İkinci aşamada fa-do, sib-fa ve mib-sib sesleri diatonik beşliler gibi aynı yolla ayarlanmalıdır. Son olarak do# ve fa# sesleri sırasıyla la ve re seslerine göre kusursuz olarak ayarlanmalıdır (Barbour, 2004, s. 28-29).”

Ara-ses (*ing. Mean-tone*) tamperemanı olarak adlandırılan bu sistem, eşit tampere sistemden önce 16. yüzyılın erken dönemlerinde ortaya çıkıp, 19. yüzyıla kadar perdeli ve klavyeli çalgılarda kullanılmıştır. 1840'lardan sonra

¹⁴Lindley'e (2001) göre 14. Yüzyılın sonu itibarıyla klavyeli çalgılarda bir oktavda 12 ses bulunmaktaydı ve kromatik olarak düzenlenmişlerdi. İspanyol matematikçi ve teorisyen Bartolomeo Ramis de Pareja 1482 yılında yayımlanan Musica Practica adlı kitabında ara-ses tamperemanının klavyeli çalgılarda yaygın olarak kullanıldığını belirtmiştir.

İngiltere'deki piyanolarda kullanımından vazgeçilse de (Helmholtz, 1875), halen günümüzde bazı kilise orglarında bu sistemin kullanıldığı bilinmektedir (Benson, 2006). Ara-ses tamperemanında dizinin ikinci derecesi, doğal dizideki büyük ikili aralıklarının (204 *cent* ve 182 *cent*) tam ortasında (193 *cent*) yer alıp, aynı zamanda doğal üçlünün (386 *cent*) tam yarısına eşittir. Bu sebeplerden ötürü isminin ara-ses tamperemanı olduğu belirtilmektedir (Helmholtz, 1875; Barbour, 2004). Bu sistem, beşlilerin eşit bir oranda pesleştirilerek üçlülerin doğal akortlanması dayanır. Diyez ve bemollü sesler birbirine eşit olmadığı için klavyede ek tuşlar gerekmektedir. Çoğu tonda 16 tuş yeterli bulunsa da, tüm tonalitelerdeki sesleri elde edebilmek için 27 tuşa ihtiyaç duyulmaktadır (White, 1917).



Görsel 3. Mi# ve Si# dâhil olmak üzere tüm perdelerin anarmoniklerini içeren klavsen, Venedik, 1606 (Ripin ve diğerleri, 1989).

Aaron'un belirttiği yöntem ile akort yapıldığı zaman beşli aralıklar çeyrek (1/4) koma kadar pes olmaktadır. Kendisi beşlilerdeki sapmanın ne kadar olacağını söylememiş olsa da, mi sesi Pisagoryen mi'ye göre 1 sentonik koma¹⁵ pestir (Barbour, 2004, s.29). Tüm sistemdeki beşlilerin eşit olması gerektiği için, sentonik komanın 21,5 *cent* olduğu düşünüldüğünde beşli aralığının *cent* bazındaki hesaplaması şu şekildedir: 702 *cent* - 5,4 *cent* (¼ koma) = 696,6 *cent*. Bu küçük gibi görünen sapma değeri beşliler çemberinde ilerledikçe daha büyük sapmalara yol açmakta ve *kurt beşlisi* veya *kurt aralığı* denilen sol# - mi sesleri arasında 737 *cent* değerinde bir aralık oluşmasına yol açmaktadır (Barbour, 2004, s. 29). Lab ve sol# anarmonik sesleri arasındaki oluşan fark 128:125 oranı ile gösterilmekte, 41,059 *cent* değerine sahip olup küçük diesis (Karaosmanoğlu, 2017) olarak adlandırılmaktadır (Benson, 2006, s. 178).

Duffin (2008, s. 19) Rönesans'ın en yaygın tamperemanı olan bu sistemi, sekiz kusursuz ve dört 'dayanılmaz' üçlü olarak özetlemiştir. Bu dört aralık (do# - mi#, fa# - la#, sol# - si #, si - re#) 427 *cent* değerleriyle büyük üçlüden ziyade eksik dördü aralığı gibi tınlamaktadır (Karaosmanoğlu, 2017). Duffin (2008) Rönesans dönemi eserlerinde iki bemolden fazla değiştirici kullanılmaması ve diyezli tonların ise nadiren kullanılması sebebiyle ve kusursuz tınlayan üçlüler de göz önünde bulundurularak, bu 'hafif pes' olan beşlilerin tolere edilebilir olarak görüldüğünü belirtmiştir.

Tablo 1. Aaron ¼ Tamperemanına göre bir oktavda yer alan kromatik seslerin *cent* değerleri (Barbour, 1948).

C	C#	D	E _b	E	F	F#	G	G#	A	B _b	B	C
0	76	193	310	386	503	579	697	772	890	1007	1083	1200

¹⁵Sentonik koma veya Didimus koması olarak bilinen aralık doğal dizide iki farklı büyük ikili aralığı (do majör dizisini ele alırsak do-re aralığı 9:8 - 203.8 *cent*, re-mi aralığı 10:9 - 182.4 *cent*'tir) arasında görülmektedir. Sentonik koma 21.5 *cent* değerindedir (Karaosmanoğlu, 2017).

Diğer bir adıyla çeyrek koma (1/4) tamperemanı olarak adlandırılan Aaron'un sisteminden başka, benzer yaklaşım ile çeşitli tampereman sistemleri geliştirilmiştir. Bunlardan en çok bilinenleri Zarlino 2/7, Salinas 1/3, Romieu 1/7, Verheijen, 1/5, Silbermann 1/6'dır. (Benson, 2006). İsimlerindeki oranlar beşli sesleri arasındaki koma farkını göstermektedir. Özellikle perdeli çalgı çalan müzisyenler beşlileri daha küçük oranlarda (1/5, 1/6 vs.) pesleştirerek, üçlü aralıkların yeterince kusursuz olmasa bile eşit tamperemana göre daha saf olduğunu ve Aaron'un çeyrek koma tamperemanından daha fazla tonaliteyi kullanabileceklerini keşfetmişlerdir. Böylece üçlüler çeyrek komadakinden daha iyi duyulmakta ve kurt aralığı daha küçük olmaktadır. Çeşitli teorisyenler tüm bu sistemleri ara-ses tamperemanı başlığı altında toplama eğilimi gösterse de, bu tamperemanlar büyük üçlünün kusursuzluğunun azaltılması sebebiyle güçsüzleştirilmiş veya zayıflatılmış (*attenuated*) ara-ses tamperemanları olarak da isimlendirilmektedir (Dolata, 2016, s. 99).

3. DÜZENSİZ TAMPEREMANLAR

Ara-ses tamperemanında on birinci ve on ikinci beşli arasında oluşan kurt aralığı tüm tonalitelerin ve akorların kullanılmasını imkânsız kılıyordu. Düzensiz, uygun veya iyi düzenlenmiş gibi farklı isimler ile anılan tamperemanlar bu sorunu çözmek için ortaya atılmıştır. Bu tamperemanlarda, kurt beşlisine yakın olan beşlilere kurt aralığını oluşturan fazlalıklar (35 *cent*) dağıtılarak, tüm beşlilerin ve dizideki tüm seslerin kabul edilebilir düzeye getirilmesi amaçlanmıştır. 17. yüzyılın sonlarına doğru popülerleşen düzensiz tamperemanlar, özellikle kromatik yapıların, eksik ve yedili akorların kullanımının önünü açmış ve bestecileri daha karmaşık armoniler kullanmaya teşvik etmiştir (Benson, 2006; Duffin, 2008).

Düzensiz tamperemanların pek çok çeşidi bulunmaktadır. Her bir teorisyen tampereman sorununun çözümü için kendi reçetesini oluşturmaya çalışmıştır. Bununla birlikte her sistemin avantaj ve dezavantajları vardır. Bazı tamperemanlarda, kimi akorlar iyi duyulurken diğerleri kötü duyulmakta; bazılarında akort süreci zor fakat duyuluğu iyi iken, bazılarının ise tam tersi akordu kolay, fakat tınlayışı yeterince iyi bulunmamaktadır. Düzensiz tampereman ile ilgili yapılan en ünlü tarifler Andreas Werckmeister (1645-1706), Johann Philipp Kirnberger (1721-1783), Johann Georg Neidhardt (1680-1739) ve Francesco Antonio Vallotti (1697-1780)'ye ait olanlardır (Duffin, 2008). Barbour (1948) bu dönemde yapılan bazı çalışmalarını "entelektüel eğlencesi" olarak değerlendirmiş ve bunları "kâğıt üzeri" tamperemanları olarak nitelmiştir. Özellikle J. S. Bach'ın döneminde yaşayan Alman yazarların bu konuya ilgi gösterdiğini belirterek, Neidhardt'ın yirmi çeşit, Marburg'un ise on bir çeşit tampereman yöntemi ürettiğini; bununla birlikte kâğıt üzerinde iyi duyulmalarına karşın, uygulamada zorlukları olduğunu ifade etmiştir.

Düzensiz tamperemanlar içerisinde en ünlüsü Werckmeister'in üçüncü tamperemanı olarak bilinmektedir. Bu sistemde 696 ve 702 *cent* değerinde iki çeşit tam beşli bulunmaktadır. Tam beşliden sapma en fazla 6 *cent* kadar olup kurt aralığı oluşmamaktadır. Dört çeşit büyük üçlü (390, 396, 402, 408 *cent*) ve dört çeşit küçük üçlü (294, 300, 306, 312) aralığı görülmektedir (Karaosmanoğlu, 2017, s. 173). Aynı şekilde dört farklı küçük ikili aralığı bulunmaktadır: 90, 96, 102, 108 *cent*. Vallotti'nin sisteminde ise altı farklı yarım ses ve üç farklı tam ses vardır.

Bu tip bir tamperemanın ton değişikçe çalgının sürekli akortlanmasını gerektirmeyeceği için yeterli olduğunu ifade eden Duffin (2008, s. 24), bu eşitsizliğin aynı zamanda akorların tınısının ton değişikçe farklılaşmasına ve tonalitelerin birbirinden farklı karaktere sahip olmasına yol

Tablo 2. Werckmeister III Uygun Tamperemanındaki perdelerin başlangıç sesine ve komşularına cent cinsinden uzaklıkları (Karaosmanoğlu, 2017, s. 172).

Notalar	C	C#	D	E _b	E	F	F#	G	G#	A	B _b	B	C'
Cent değerleri	0	90	192	294	390	498	588	696	792	888	996	1092	1200
Aralarındaki uzaklıklar	90	102	102	96	108	90	108	96	96	108	96	108	

Tablo 3. Kirnberger III Uygun Tamperemanındaki perdelerin başlangıç sesine ve komşularına cent cinsinden uzaklıkları (Karaosmanoğlu, 2017, s. 172).

Notalar	C	C#	D	E _b	E	F	F#	G	G#	A	B _b	B	C'
Cent değerleri	0	90	193	294	386	498	590	697	792	890	996	1088	1200
Aralarındaki uzaklıklar	90	103	101	92	112	92	107	95	98	106	92	112	

açığının belirtmiştir. Francesco Galeazzi (1796) si bemol majör tonunu “narin, hafif, efemine, aşka dair coşkuyu anlatmaya uygun, çekici ve zarif” olarak tanımlarken; mi majör tonunu “çok keskin, tiz, gençlik dolu, dar ve biraz haşin” olarak nitelemiştir. Bu iki ton arasındaki fark, dizilerin farklı seslerden oluşmasının dışında, aralıklarının ve oluşan armonilerinin tamamen benzersiz olmasından kaynaklıdır (Duffin, 2008, s. 24). Başka bir örnek vermek gerekirse, J. S. Bach’ın BWV 910 Toccata eserinde 109. ölçüde başlayıp farklı tonlara geçiş yaparak arka arkaya 20 kez tekrar eden bir müzikal cümle bulunmaktadır. Bu ezgi eşit veya ara-ses tamperemanlarında görece monoton etki yaratırken, düzensiz tamperemanlarda her bir tekrar farklı bir duygu verebilmektedir (Benson, 2006, s. 182).

Müzik tarihi ile ilgili günümüzde yanlış bilinen konulardan birisi de Werckmeister tamperemanı ve Johann Sebastian Bach’ın bu sistemi kullanması ile ilgilidir. Bach’ın “48 Prelüd-Füg” olarak da bilinen “*Das Wohltemperierte Klavier*” eserinin başlığı “İyi Düzenlenmiş Klavye” anlamına gelmektedir. Çeviri yapılırken “İyi Düzenlenmiş” ile “Eşit Düzenlenmiş” kavramları birbirine karıştırılmış, Bach’ın eserini eşit tampere

sistem için yazdığı ve hatta bazı kaynaklarda eşit tampere sistemi doğrudan Bach’ın icat ettiği gibi hatalı bilgiler bulunduğu görülmektedir (Altar, 1993; Apel, s. 836; Karaosmanoğlu, 2017). Bosanquet’e (1876) göre Bach’ın eşit tampereman ile çaldığına dair doğrudan bir kanıt yoktur. Kurt aralığını içeren ara-ses tamperemanı gibi kusurlu tamperemanları rahatsız edici bulduğu ve eşitsiz tamperemanları kullanarak akort yapan Silbermann’a bu konudaki görüşlerini açık bir şekilde belirttiği bilinmektedir (Bosanquet, 1876, s. 31). Ayrıca Johann Sebastian’ın oğlu Carl Philipp Emanuel’in el yazmaları incelendiğinde, Büyük Bach’ın eşit tampere sistem ile çaldığına dair herhangi bir kayıta rastlanmamıştır (Bosanquet, 1876; Duffin, 2008; Lindley ve Ortgies, 2006).

Jorgensen (1991)’e göre filozoflar ve müzik teorisyenleri 17. yüzyıldan itibaren eşit tamperemanın gerekliliğini savunmaya başlamışlardır. Mersenne (*Harmonicorum libri, in quibus agitur de sonorum natura, 1635-1636, Harmonie universelle, 1636-1637*), Werckmeister (*Musicalische Temperatur, 1691*), Neidhardt (*Sectio Canonis Harmonici, zur völligen Richtigkeit der Generum Modulandi,*

1724; Gántzlich erschöpfte mathematische Abtheilungen des diatonisch-chromatischen temperirten Canonis Monochordi, 1732), Rameau (Nouveau système de musique théorique, 1726) ve Marpurg (Versuch über die musikalische Temperatur, 1776; Neue Methode allerley Arten von Temperaturen dem Claviere auf Bequemste mitzutheilen, 1790) gibi isimler bu ideali savunan öncü teorisyenlerden olup tampereman ile ilgili pek çok kitap yazmışlardır. 19. yüzyıldan itibaren eşit tamperemanın yalnızca işitme becerisine dayalı olarak kusursuz bir şekilde uygulanmasının zorluğunun bilincinde olmayan bazı tarihçilerin bu kitaplardan etkilenecek "J. S. Bach'ın 1722 yılında eşit tamperemanı klavyeye uyguladığı ve o zamandan beri de çoğu müzisyenin kullandığı" şeklindeki yanlış ifadeleri kullanmış ve yayılmasını sağlamışlardır (Bosanquet, 1876; Helmholtz, 1876; Jorgensen, 1991). Jorgensen (1991)'e göre günümüzde bile, bilgisi olmayan bazı yazarların eşit tamperemanı Bach'ın icat ettiğini yazmakta, bu yanlış bilgi hala pek çok müzisyen tarafından tekrarlanmaktadır.

Gerçekte 1500'lü yıllardan itibaren perdeli çalgılarda 18:17 oranı (99 cent) ile uygulanmaya çalışılan eşit tampere sistem ile klavyeli çalgılarda uygulanan ara-ses veya düzensiz tamperemanların uyuşmadığı Vicentino (1555)'dan itibaren teorisyen ve bestecilerin farkında olduğu bir durumdu (Lindley, 2001). Tampereman yaklaşımı olarak her müzik insanının kendi formülünü sunması ve bunun en iyisi olduğunu iddia etmesi de bir çözümsüzlüğü sürdürüyordu. Eşit tamperemanda doğal seslerin kullanılmaması sebebiyle üçlülerin rahatsız edici tınladığını savunanlar olsa da, tüm çalgıların (flüt, obua, keman, lavta, gamba vs.) bu sisteme göre ayarlanması durumunda birlikte yapılan müziğin en saf şekilde tınlayabileceğini ifade eden Neidhardt (akt. Lindley 2001), eşit tamperemanı artıları ve eksileriyle birlikte "kutsal

bir evliliğe" benzetmiştir. Eşit tampere sistem, gerçekten de çeşitli artıları ve eksileri olan bir sistemdir. Tampere sistemdeki büyük üçlülerin doğal büyük üçlüden 14 cent tiz, doğal küçük üçlüden 16 cent pes; tampere sistemdeki büyük altılının doğal dizideki karşılığından 16 cent pes, küçük altılının ise 14 cent tiz olması özellikle çoksesliliğin temeli olan üç sesli akorların tınlayışını bozmuştur. Bu durum müzisyenler arasında görüş farklılığı yaratmış, kimi müzisyenler ortak bir ses sisteminin faydalarını savunurken, bazıları da doğal seslerin tınısına önem vererek eşit tampere sistemi rahatsız edici ve ruhsuz olarak tanımlamıştır. Nitekim eşit tampereman ile akort yaptığı/çaldığı iddia edilen pek çok isim olsa da, klavyeli çalgı müzisyenleri tarafından kabullenilişi 1630'lu yıllardan başlayıp 1870'li yıllara uzanan, çeşitli değişiklikleri kapsayan kademeli bir süreç olmuştur (Lindley, 2001).

4. EŞİT TAMPEREMANIN YAYGINLAŞMASI

Eşit tamperemanın kullanılmasını savunan erken figürlerin olması, tampere sistemin popülerite kazanmasına yol açsa da uzun bir süre ancak teoride kalmıştır. Jorgensen (1991)'e göre bunun sebebi, akort tarifi veren isimlerin eşit tamperemanın felsefi tarafını ön planda tutarak oranlar, hesaplamalar paylaşımlarına rağmen, bu sistemi piyanoya kusursuz bir şekilde uygulayabilecek becerilerinin olmamasıdır. Nitekim bu durum sanatçıların şiddetle karşı çıktığı bir konu olmuştur. Onlar akordu kulaklarına göre yaptıkları için tonlar arasındaki renk farklılıklarını kaybetmek istememişlerdir (Jorgensen, 1991). Beethoven (1770-1826)'ın çoğu piyano eseri düzensiz tamperemanlı piyanolarda seslendirilmiştir. Chopin (1810-1849)'ın – re minör başta olmak üzere - bazı tonlarda beste yapmaya gönülsüz olduğu, bunun sebebinin ise düzensiz tamperemanda tonların birbirinden farklı tınlaması sebebiyle bu tonların

karakteristiğinin Chopin ile örtüşmediği ifade edilmektedir (Benson, 2006, s. 197).

1800'lü yıllara kadar çeşitli bireysel çalışmalar ve teorik hesaplamalar olsa da tüm müzisyenlerin kabul ettiği ortak bir sistemden söz etmek mümkün değildi. 1810'lu yıllarda akustik üzerine çalışmalar yapan araştırmacıların çoğu eşit tamperemanın tam olarak uygulanmadığını tespit etmiş, hatta bazıları şimdiki kadar hiç kimsenin "tam anlamıyla eşit tamperemanı"¹⁶ duymadığını iddia etmiştir. Bunun sebebi günümüzde eşit tamperemanın uygulanabilmesi için kullanılan yöntemin olmamasıdır. Nitekim bazı değişiklikler ve benzetmeler ile yapılan bu akort yaklaşımlarına yarı-eşit tampereman adı verilmiştir (Jorgensen, 1991). Alexander J. Ellis (Helmholtz, 1895; akt. Kalender, 2021, s. 27) bu durumu şöyle açıklamıştır:

"Eşit tamperemanın kullanımını önermek, oranlarını hesaplamak ve yaklaşık olarak bu tamperemana göre akort edilmiş deneysel çalgılara sahip olmak ile bu tamperemanı ticari olarak satılan tüm çalgılarda kullanmak farklı durumlardır. Eşit tampereman sistemi, piyano akordörü olan A. J. Hipkins tarafından piyano yapımcısı John Broadwood & Sons şirketinin sahibi olan Broadwood ailesine tanıtıldığı 1846 yılına kadar, İngiltere'deki piyanolarda ticari amaçlı olarak kullanılmamıştır. 1851 yılındaki Büyük Sergi'de eşit tamperemana göre akortlanmış hiç İngiliz yapımı org bulunmazken, ancak bir Alman orgu bulunmaktaydı. İngiltere'de ticari amaçlı bir kilise orgunda sistemin ilk defa kullanılması 1854 yılına denk gelmektedir. Kısaca eşit tampereman sisteminin 1885 yılı itibarıyla İngiltere'deki piyanolarda kullanımının yaklaşık 40, orglarda kullanımının ise yalnızca 30 yıllık geçmişi bulunmaktadır."

Eşit tampereman sisteminin Almanya'da kullanılmaya başlamasının Fransa ve İngiltere'ye göre biraz daha erken tarihlerde olduğu düşünülmektedir (Apel, 1974, s. 836). Bununla birlikte kesin

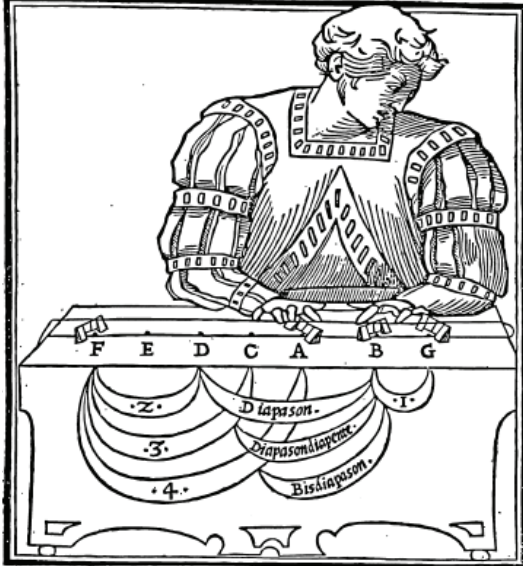
tarihler vermek mümkün değildir. Fransa'da dönemin ünlü org yapımcısı Aristide Cavaille-Coll 1835'ten beri eşit tamperemanı kullandığını belirtmiş (Grove, 2009); ünlü Alman kemancı Louis Spohr (1843, s.3) da Keman Okulu adlı kitabının önsözünde "öğrenciye kazandırılması gereken mükemmel entonasyon kavramından doğal olarak eşit tamperemanın anlaşılması gerektiğini; öğrencinin tanışık olması gereken tek sistemin bu olduğu, bu yüzden büyük-küçük yarım ses kavramlarına değinilmeyeceğini ve modern müzikte bundan başka bir şeye yer olmadığını" ifade etmiştir.

Uygulamada eşit tamperemanın tam anlamıyla yaygınlaşması 19. yüzyılın sonlarını bulmuştur. Öncesinde yapılan akortlamalarda bazı tonların karakterini koruyabilmek için eşit tamperemandan küçük sapmalar bırakılmaya devam etmiştir (Benson, 2006, s. 197). 1900'lü yılların başında üretilmiş piyanolarda bile düzensiz tampereman türlerinin kullanıldığı kayıtlara geçmiştir (Duffin, 2008, s. 62). Jorgensen (1991, s. 23)'e göre, Debussy ve Ravel gibi eşit aralıklı tam ses dizisini kullanan empresyonist besteciler öncesinde katı ve kusursuz düzeyde eşit tampereman gerekmemiştir. Bunun sebebi, önceden kullanılan dizilerdeki eşitsizliğin tonalite duygusunu (yedenin tiz olması, diyez-bemollü seslerin kullanımındaki farklılık vs.) desteklemesidir. 20. yüzyıl müziğindeki eşit aralıklı tam ses ve kromatik seslerden oluşan dizilerin kullanımının yaygınlaşması ile klavyeli çalgıların akordunda eşitlik kaçınılmaz olmuştur (Jorgensen, 1991).

5. EŞİT TAMPEREMANIN HESAPLANMASI

Ses sistemlerindeki matematiksel hesaplamalarda hem görsel hem de işitsel olarak monokordun (tektel) kullanılması, kökeni Boethius (480-524)'a dayanan bir gelenek olarak karşımıza çıkmaktadır (Rasch, 2006, s. 195).

¹⁶Günümüzde kullanılan eşit tampereman anlayışına göre bir nota bir cent bile farklı ayarlansa bu eşit tampereman olarak kabul edilmemektedir.



Görsel 4. Monokord çalan kişi (Herlinger, 2006, s. 169).

15. yüzyıldan itibaren ses sistemleri ve tampereman ile ilgili yazılan kaynaklarda monokordun bölünmesi ile telin üzerinde aralıkların hesaplanması tamsayıları içeren oranlar ile yapılmıştır. Bunun için de tercihe bağlı olarak tam tel boyunu 2000, 5000, 10000 birim kabul etmek gibi farklı yaklaşımlar olmuştur. Henrich Glarean (1488-1563)'ın yaklaşımı $24 \times 36 = 11,664$ çoğu aralığı küçük tam sayı oranları ile göstermeyi sağlamıştır (Rasch, 2006, s. 195).

Eşit tamperemanı işaret eden ilk akort tarifinin Giovanni Maria Lanfranco (1490-1545)'ya ait olduğu düşünülmektedir. Lanfranco beşlilerin kulağı rahatsız etmeyecek ölçüde pesleştirilmesini, üçlülerin de aynı ölçüde tizleştirilmesini savunmuştur. Bu tanım eşit tampereman ile ilgili ilk görüşlerden birisi olarak kabul edilmektedir. Oktavın on iki eşit parçaya bölünerek perdelerin buna göre yerleştirilmesini ve viyol yapımcılarının çalgılarını tasarlarlarken buna göre hareket etmesi gerektiğini belirten Salinas (1513-1590), eşit tamperemana yönelik ilk matematiksel tanımı yapmıştır. Zarlino ise

özellikle lavta yapımında kullanılmak üzere mekanik ve geometrik yöntemler paylaşmıştır. Bununla birlikte her iki müzik adamı da eşit tampereman için monokord hesaplamaları vermemiştir (Barbour, 2004).

Hollandalı matematikçi ve mühendis Simon Stevin (1548-1620) de tampereman seslerin hesaplanması konusunda çeşitli çalışmalar yapmış, 12 perdeli eşit tampereman sistemin seslerinin hesaplanabilmesi için 2'nin 12. dereceden kökünün alınması gerektiğini keşfetmiştir (Rasch, 2006, s. 205). 16. yüzyılda eşit tamperemana uygulamada en çok yaklaşan Vincenzo Galilei (1520-1591)'dir. Galilei 1581 yılında yayımlanan *Dialogo* adlı kitabında, yaptığı hesaplamalar ile Aristoksenos (MÖ. 375-335)'un savunmuş olduğu 12 eşit yarım ses / 6 eşit tam ses düşüncesine 18:17 oranı ile ulaşabildiğini ve bu oranın küçük ikili aralığı için uygun olduğunu ifade etmiştir (Dolata, 2016). Bu sistem iki yüz elli yıldan fazla bir süre lavta, gitar gibi perdeli çalgı yapımcıları tarafından kullanılmıştır. 18:17'nin ardışık kullanımı oktav aralığına ulaştırmamakla birlikte¹⁷ küçük bir düzeltme ile hatalar giderilebilmekteydi. 17. yüzyıla gelindiğinde tampereman ve akortlama ile ilgili en kapsamlı ve önemli tartışmalar Marin Mersenne'nin çalışmalarında görülmektedir. Mersenne (*Harmonie Universelle*, 1636 – 37) eşit tamperemana dair sayılar, geometrik ve mekanik çözümleri ile tüm akort teorisini paylaşmış; ayrıca günümüzde de kullanılan vuruşlarla akort yönteminin pratikteki temelini ortaya koymuştur (Barbour, 2004, s. 16).

Eşit tamperemanın hesaplanmasında matematikteki gelişimin rolü büyüktür. Geçmiş yüzyıllarda yaşayan pek çok matematikçi ve müzik adamı tampereman sorununu çözmek için değerli çalışmalar yürütmüş olsa da oktavın yani 2'nin 12 eşit parçaya bölünebilmesi için matematiğin başka dallarına ihtiyaç

¹⁶18:17 oranının cent cinsinden değeri 99 cent'tir (Karaosmanoğlu (2017, s. 254).

duyulmaktaydı. Karekök alma yöntemi ile bu süreç son derece zahmetliydi. Nitekim logaritma hesaplamaları olmadan oktavın eşit olarak bölünmesi mümkün değildi. 1800'lü yılların sonuna doğru aralıkların birbirine uzaklığını ölçmede kullanılan, günümüzde uluslararası olarak kabul görmüş en yaygın yöntem olan *cent* sistemini ilk ortaya koyan Alexander J. Ellis'tir (Apel, 1974, s. 420; Benson, 2006, s. 172). Helmholtz'un orijinal yazım dili Almanca olan 1875 tarihli *On The Sensations Of Tone As A Physiological Basis For The Theory of Music* kitabının İngilizce çevirisini yapan A. J. Ellis, kitabın sonuna eklediği bölümde *cent* sistemini ilk defa açıklamış, sonrasında bu yöntem eşit tampere sistem için temel haline gelmiştir.

Ellis, eşit tampere sistemde tüm aralıkların birbirine eşit uzaklıkta olması gerektiğinden yola çıkarak 2:1 oranına sahip oktav aralığının 12. dereceden karekökünü alarak küçük ikili aralığının oranını hesaplamıştır: $1:12\sqrt{2} = 1:1,0594631$. Ellis bu oranın 84:89'a çok yakın olduğunu ifade etmiştir. Bu sistemde küçük ikili aralığı 100 eşit parçaya bölünerek her bir parçaya *cent* adı verilmekte ve böylece bir oktav 1200 eşit parçadan oluşmaktadır. *Cent* değerinin oransal hesaplaması ise şu şekilde olmuştur: $1:1200\sqrt{2} = 1:1,0005778$. Bir *cent*'in oransal olarak 1730:1731 oranına çok yakın olduğu ifade edilmiştir (Helmholtz, 1895, s. 431).

1917 yılı eşit tampere için bir dönüm noktasıdır. William Braid White isimli bir akustik mühendisi, piyanonun eşit tamperemana göre akort sistematiğini bilimsel olarak yayımlar. Böylelikle süreç sonunda akordun gerçekten eşit olup olmadığı kontrol edilebilir hale gelir. Duffin'e göre aslında bu tarihten önce yapılan ve adına eşit tampereman denilen hiçbir akort, gerçekte tam anlamıyla eşit olmamıştır (2008, s. 64). Bu durumun zorluğunun farkında olan Ellis (1864, s. 419) kaygılarını şu şekilde aktarmıştır: "Eşit tamperemanı bilindik yöntemler ile fark

edebilmek o kadar zor ki... Bu ülkede belki de hiçbir şekilde başarılamadı, her ne matematiksel doğruluk ile olursa olsun". Eşit tampereman, 1917 yılından itibaren evrensel olarak kabul edilmiş matematiksel prensipleri olan ve ustalık gerektiren bir bilim dalı olarak kabul görmüştür. Bu tarihten önce yapılan akortların, akordörün piyano müziği dinlemesine ve renk farklılıklarının bilincinde olmasına dayalı olarak değişen bir sanat konumunda olduğu ifade edilmektedir (Jorgensen, 1991).

SONUÇ

Müzikte doğal seslerin kullanımı, çokseslilik gelişmeye başladıkça bir problem haline gelmiştir. Perdesiz çalgılarda bu durum sorun yaratmazken, sabit perdeli ve klavyeli çalgılar için ilk akla gelen yöntemler oktav içerisindeki perde sayısını arttırmak ve bazı aralıkların kusursuz olabilmesi için sık kullanılmayan aralıkların kusursuz tınlamasından vazgeçmek şeklinde olmuştur. 1400'lü yıllarda ortaya çıkan ara-ses tamperemanları bu düşüncenin ürünüdür. Bu akort yöntemleri org, lavta, viyol gibi perdeli ve klavyeli çalgılarda kullanılmıştır. 1584'te Vincenzo Galilei lavta ve viyol ailesi için eşit tamperemana çok yakın bir perde sistemini önermiş ve bu sistem iki yüz yıldan fazla süre perdeli çalgılarda esas olarak kullanılmıştır.

Özellikle klavyeli çalgılarda kullanılan ara-ses tamperemanı belirli tonlarda kabul edilebilir bulunsa da, artık beşli gibi tınlayan kurt aralığının varlığı ve kullanılmayan başka aralıkların olması müzisyenleri yeni arayışlara yönlendirmiş ve bunun sonucunda düzensiz tamperemanlar ortaya çıkmıştır. Düzensiz tamperemanlarda aynı isimli fakat çeşitli büyüklüklerde aralıkların olması (örneğin dört farklı küçük ikili aralığı olması) her tonalitede farklı bir ifade ve birbirinden benzersiz tınlar oluşmasını sağlamış, böylece müzikteki zenginliği desteklediği ve anlamı derinleştirdiği ifade edilmiştir. Düzensiz tamperemanlar 17. yüzyıl

başlarından 19. yüzyılın ilk yarısına kadar kullanılmıştır. Bu süreçte teorisyenlerin yeni akort yöntemi arayışları devam etmiştir. Nitekim perdeli çalgılarda eşit tamperemana benzer bir sistem uygulanırken, klavyeli çalgılarda farklı yöntemler kullanılmasının o dönem de teorisyenleri rahatsız ettiği bilinmektedir.

Eşit tampere sistemin felsefesi çoğu zaman müzisyenleri heyecanlandırırsa da, diyezlerin ve yeden seslerin daha tiz, bemollerin ise daha pes seslendirilmesi gibi müzikteki renkleri kısıtlayıcı bir akort sistemi olması sebebiyle uzun bir süre tartışmalara sebep olmuştur. Buna ek olarak eşit tamperemanın tam anlamıyla uygulanabilmesi için seslerdeki küçük farklılıkları algılayacak yeterli teknik donanımın olmaması ve bu titreşim farklarının kulak ile algılanmasının zorluğu da sürecin gecikmesinde etkili olmuştur. Müzikte doğal seslerin kullanımı müzisyenlerin önceliği olsa da çokseslilik, ton değişimi ve aktarma konularında yaşanan sorunlar müzisyenleri aşamalı olarak doğal seslerden vazgeçmeye itmiştir. Her açıdan kusursuz bir sistem olmaması (Karaosmanoğlu, 2017), müzisyenleri bir anlamda seçim yapmaya zorlamıştır.

Sonuç olarak 20. yüzyıl uluslararası sanat müziğinde 12 ton müziğinin yaygınlaşması ile eşit tamperemanın kusursuz olarak uygulanması ve sesler arasında renk farklılığının ortadan kaldırılması kaçınılmaz bir hale gelmiştir.

Günümüzde perdesiz çalgı çalan müzisyenlerin Pisagor veya doğal diziye ait seslere daha yatkın olduğunu gösteren çalışmalar olmasına rağmen, eşit tampere sistemin birleştirici gücü ve sağladığı kolaylıklar göz ardı edilememektedir.

KAYNAKLAR

- Açın, C. (1999). *Tuşlu Sazlar Tarihi ve Tanıtımı: Piyano Yapım ve Bakımı*. İstanbul: Aslı Basımevi.
- Albuz, A. (2011). Türk müziğinde Çokseslilik Yaklaşımları. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 1(1), 51-66. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijjad/issue/8720/108880>
- Altar, C. M. (1993). *Barok sanat, Barok müzik ve J. S. Bach Üzerine Araştırma ve İncelemeler (2)*. <http://cevadmemduhalar.com/barok-sanat-2.html>
- Apel, W. (1974). *Harvard Dictionary Of Music*. 8. Baskı. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Barbour, J. M. (1948). *Irregular Systems Of Temperament*. *Journal of the American Musicological Society*, 1(3), s. 20-26. <http://www.jstor.org/stable/830012>
- Barbour, J. M. (2004). *Tuning and Temperament: A Historical Survey*. East Lansing, MI: Dover Publications Inc.
- Barker, A. (2004). *Greek Musical Writings Volume II: Harmonic And Acoustic Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Benson, D. (2006). *Music: a Mathematical Offering*. Cambridge: Cambridge University Press. https://logosfoundation.org/kursus/music_math.pdf
- Bosanquet, R. H. M. (1876). *An Elementary Treatise On Musical Intervals And Temperament*. London: Macmillan And Co.
- Boyden, D. D. (1951). *Prellieur, Geminiani And Just Intonation*. *Journal of the American Musicological Society*, 4(3), s. 202-219. <https://doi.org/10.2307/829621>
- Can, C. (2001). Müzikte Tam Beşli Zincirleri Ve Pythagoras Dizileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(2), 143-159. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/77483>
- de Klerk, D. (1979). *Equal temperament*. *Acta Musicologica*, 51(1), 140-150. <https://doi.org/10.2307/932181>
- Dolata, D. (2016). *Meantone Temperaments On Lutes And Viols*. Bloomington, IN: Indiana University Press.
- Duffin, R. (2008). *How Equal Temperament Ruined Harmony And Why You Should Care*. New York, NY: W. W. Norton Company.
- Ellis, A. J. (1864). *On the temperament of musical instruments with fixed tones*. *Proceedings of the Royal Society of London*, 13, s. 404-422. <https://www.jstor.org/stable/pdf/112069.pdf>
- Fastl, H. ve Zwicker, E. (2007). *Psychoacoustics-facts and models*. 3. baskı, Springer-Verlag.
- Fuller-Maitland, J. A. (Ed.). (1904). *Grove's Dictionary Of Music And Musicians In Five Volumes: Vol I*. New York: The Macmillan Company.
- Fuller-Maitland, J. A. (Ed.). (1910). *Grove's Dictionary Of Music And Musicians In Five Volumes: Vol V*. New York: The Macmillan Company.
- Fyk, J. (1982). *Perception of Mistuned Intervals In Melodic Context*. *Psychology of Music, Spec ISS*, s. 36-41.
- Grove, G. (Ed.). (2009). *A dictionary of music and musicians (A. D. 1450-1880) by Eminent Writers, English And Foreign*. Cambridge University Press. (Orijinal çalışma 1889 yılında yayımlanmıştır).
- Helmholtz, H. L. F. (1895). *On the Sensations Of Tone As A Physiological Basis For The Theory Of Music (Alexander J. Ellis, Çev.)*. 3. Baskı. New York: Longmans, Green, And Co.
- Hill, T. J. W. ve Summers, J. R. (2007). *Discrimination of Interval Size In Short Tone Sequences*, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 121, 4, 2376-2383. doi: 10.1121/1.2697059
- Jorgensen, O. H. (1991). *Tuning: Containing The Perfection Of Eighteenth-Century Temperament, the lost Art Of Nineteenth-Century Temperament, And The Science Of Equal Temperament, Complete With Instructions For Aural And Electronic Tuning*. East Lansing, MI: Michigan State University Press.
- Kalender, C. (2021). *Keman Eğitiminde Entonasyon Becerisinin Geliştirilmesine Yönelik Hazırlanan Öğretim Programının Etkililiği. (Yayımlanmamış Doktora Tezi)*. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Bolu.
- Karaosmanoğlu, M. K. (2000). *Batıda 12'li Tampere Sistem Dışı Arayışlar Ve İki Örnek: Partch – Daniélou*. *Musiki Mecmuası*, 470. https://www.researchgate.net/publication/283852295_Batida_12'li_Tampere_Sistem_Disi_Arayislar_ve_Iki_Ornek_Partch_-_Danielou
- Karaosmanoğlu, M. K. (2017). *Müzik Aritmetiği ve Ses Sistemleri*. İstanbul: İTÜ Vakfı Yayınları.
- Karolyi, O. (1996). *Müziğe giriş (M. Nemutlu, Çev.)*. 2. Basım. İstanbul: Pan Yayıncılık.
- Kennedy, M. (2003). *The Concise Oxford Dictionary Of Music*. Oxford: Oxford University Press.
- Lapp, D. R. (2003). *The Physics of Music and Musical Instruments*. Medford, MA: Wright Center for Innovative Science Edu-

cation, Tufts University. Erişim adresi: <http://kellerphysics.com/acoustics/Lapp.pdf>

- Lindley, M. (1975). *Fifteenth-Century Evidence For Meantone Temperament*. *Proceedings of the Royal Musical Association*, 102, ss. 37-51. <http://www.jstor.org/stable/766092>
- Lindley, M. (2001). *Temperaments*. [https://doi.org/10.1093/gmo/9781561592630 .article.27643](https://doi.org/10.1093/gmo/9781561592630.article.27643)
- Lindley, M. ve Orgies, I. (2006). *Bach-Style Keyboard Tuning*. *Early Music*, 34(4), s. 613-623. <https://www.jstor.org/stable/4137309>
- Morrison, S. J. ve Fyk, J. (2002). *Intonation*. R. Parncutt & G. E. McPherson (Ed.), *The Science And Psychology Of Music Performance: Creative strategies for teaching and learning* (ss. 183-197). Oxford University Press. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780195138108.001.0001
- Özkeleş, S. (2017). *12 eşit aralıklı tampere sistemde Türk Müziği Makam Dizilerine Kuramsal Bir Yaklaşım*. İçinde Kurtaslan, Z. (Ed.), *Kültür-Sanat-Edebiyat-Eğitim Ve Mimarlık Üzerine Akademik Araştırmalar* (59-83). Eğitim Yayınevi. https://www.researchgate.net/publication/349916215_12_ESIT_ARALIKLI_TAMPERE_SISTEMDE_TURK_MUZIGI_MAKAM_DIZILERINE_KURAMSAL_BIR_YAKLASIM
- Parker, B. (2015). *Güçlü Titreşimler: Müziğin Fiziği* (C. Güray ve M. Sözer, Çev.). Ankara: Tübitak Popüler Bilim Kitapları.
- Parncutt, R. ve Cohen, A. J. (1995). *Identification Of Microtonal Melodies: Effects Of Scale-Step Size, Serial Order, And Training*. *Perception & Psychophysics*, 57, 835-846. <https://doi.org/10.3758/BF03206799>
- Partch, H. (1974). *Genesis of a Music: An Account Of A Creative Work, Its Roots And Its Fulfillments*. 2. Baskı. New York, NY: Da Capo Press.
- Rakowski, A. (1978). *Categorical Perception Of The Pitch In Music*. State Higher School of Music.
- Rasch, R. (2006). *Tuning and temperament*. Christensen, T. (Ed.). *The Cambridge History Of Western Music Theory İçinde* (s. 193-222). 3. Baskı. Cambridge: Cambridge University Press.
- Riedweg, C. (2005). *Pythagoras: His Life, Teaching And Influence* (S. Rendall, Çev.). Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Say, A. (2002). *Müzik sözlüğü*. Ankara: Müzik Ansiklopedisi Yayınları.
- Snyder, John L. (1983). *Theinred of Dover on consonance: A Chapter In The History Of Harmony*. *Music Theory Spectrum*, 5, 110-120. <https://doi.org/10.2307/746098>
- Spohr, L. (1843). *Louis Spohr's Celebrated Violin School* (J. Bishop, Çev.). London: R. Cocks & Co.
- Şenel, O. (2021). *Müzikte Mükemmelin Göreceliği: Akort Sistemlerinin Evrimi Ve Eşit Tampere Sistemin Yükselişi*. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 14(76), 352-369. DOI: 10.17719/jisr.11434
- Vos, J. (1982). *The Perception Of Pure And Mistuned Musical Fifths And Major Thirds: Thresholds For Discrimination, Beats, And Identification*. *Perception and Psychophysics*, 32(4), 297-313. doi: 10.3758/bf03206236
- Yang, L., An, D. ve Turner, J. A. (2005). *Handbook of Chinese Mythology*. Santa Barbara, CA: ABC-CLIO, Inc.
- Zeren, A. (1997). *Müzik fiziği*. 2. Baskı. İstanbul: Pan Yayıncılık.
- Zeren, A. (1998). *Müzikte Ses Sistemleri*. İstanbul: Pan Yayıncılık.
- White, W. B. (1917). *Modern Piano Tuning And Allied Arts*. New York, NY: Edward Lyman Bill Inc.
- Wood, A. (1962). *The physics of music*. Londra: Methuen & Co Ltd.

İnternet Kaynakları

- <http-1> <https://www.britannica.com/art/tuning-and-temperament/Tuning-and-musical-history> (Erişim tarihi: 15.02.2022)
- <http-2> https://stringfixer.com/tr/Superparticular_ratio (Erişim tarihi: 23.02.2022)

Görsel Kaynaklar

- Görsel 1: Ripin, E. M., Schott, H., Barnes, J., O'Brien, G. G., Dowd, W., Wraight, D., Ferguson, H., Caldwell, J. (1989). *Early keyboard instruments*. New York, NY: W. W. Norton & Company.
- Görsel 2: Herlinger, J. (2006). *Tuning and temperament*. Christensen, T. (Ed.). *The Cambridge history of western music theory içinde* (s. 168-192). 3. Baskı. Cambridge: Cambridge University Press.
- Görsel 3: Ripin, E. M., Schott, H., Barnes, J., O'Brien, G. G., Dowd, W., Wraight, D., Ferguson, H., Caldwell, J. (1989). *Early keyboard instruments*. New York, NY: W. W. Norton & Company.
- Görsel 4: Herlinger, J. (2006). *Tuning and temperament*. Christensen, T. (Ed.). *The Cambridge history of western music theory içinde* (s. 168-192). 3. Baskı. Cambridge: Cambridge University Press.