

Ev stüdyoları akustiğinde çalışma masalarından kaynaklanan erken yansımaların işitilen ses üzerindeki etkileri üzerine bir simülasyon çalışması

Suat Vergili

Dr. Öğretim Üyesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bilimleri Bölümü, Müzik Teknolojisi Ana Bilim Dalı, D.E.U. Tınaztepe Yerleşkesi, No:209 35390 Buca-İzmir.
ORCID: 0000-0002-2487-8403, e-mail: suat.vergili@deu.edu.tr

DOI 10.12975/rastmd.20221023 Submitted April 11, 2022 Accepted June 14, 2022

Öz

Akustikte, müziğin yaratıldığı, kayıt, mix ve mastering uygulamalarının gerçekleştirildiği odalar, kritik dinleme odaları adı altında sınıflandırılır. Profesyonel stüdyolarda bu alanlar ciddi mimari ve akustik tasarım süreçleri sonucunda oluşmaktadır ve hoparlörlerden çıkan direkt sesin dinleyiciye minimum değişim ile ulaşması temeldir amaçtır. Günümüzde ev stüdyoları da kritik dinleme alanları altında sınıflandırılmaktadır. Ancak ev stüdyoları, akustik kriterlerin sağlanmasında, tutarsızlıkların, zorlukların hatta imkansızlıkların görüldüğü kritik dinleme odalarıdır. Ev stüdyoları gibi küçük hacimli kritik dinleme odalarında erken yansımalar önemli duyum sorunları yaratırlar. Hoparlörlerden odaya yayılan direkt sesteki “duruluk” hoparlörlerin yan yüzeylerinden, tavan ve zeminden, çalışma masalarından ve masa üzerine yerleştirilen objelerden yansıyan erken yansımalar ile bozulmakta ve bu yansımalar odadaki frekans tepkisinde istenmeyen etkiler oluşturmaktadır. Bu makalede ev stüdyolarında erken yansımalarla ilişkili olan akustik bozulmalar ele alınarak, odalarda yer alan çalışma masalarından kaynaklı duyuusal etkiler akustik simülasyon yöntemi ile değerlendirilmiştir. Simülasyonun gerçekleştirilmesi için ölçüleri Bolt alanı içerisinde yer alan bir oda modellenmiş, oda içerisinde kaynak olarak iki hoparlör ve dinleyici noktasına bir alıcı tanımlanmıştır. Hoparlörlerden alıcıya ulaşan sinyalin, masanın varlığı ve yokluğu durumlarında nasıl değiştiği yansıma grafikleri ve frekans tepkisi grafikleri üzerinden değerlendirilmiştir. Ölçüm ve değerlendirmeler sonucunda çalışma masasından kaynaklanan ve alıcı noktasına direkt sestem 0.56 ms sonra ulaşan erken yansımanın alt ve orta frekansların işitsel algısında belirgin olumsuz etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

akustik problemler, erken yansımalar, ev stüdyoları, ev stüdyosu akustiği

Giriş

Müzik yaratım, kayıt ve mix süreçleri günümüzdeki teknolojik imkanlar ile profesyonel stüdyolardan evlere taşınmış, müzik endüstrisinin bileşenleri olan müzisyenler, aranjörler, prodüktörler ve ses mühendisleri küçük hacimli odalarda - ev stüdyolarında üretim yapar hale gelmişlerdir. Neuenfeldt (2007) bunu profesyonel stüdyolarda yapılan üretimin delokalizasyonu olarak açıklar. Dolayısıyla pek çok eserin beste ve kayıtlarının önemli bir kısmı ev stüdyolarında gerçekleştirilmekte, ayrıca müzik teknolojisinde detaylı uygulamalar olan mix, mastering işlemlerinin ve görsel medya için gerçekleştirilen seslendirme, ses tasarımı

vb. uygulamaların da ev stüdyolarında gerçekleştirildiği görülebilmektedir.

Tüm bu uygulamaların gerçekleştirilebildiği ev stüdyoları profesyonel stüdyolarla kıyaslandıklarında, akustik parametre ve standartlara ulaşmanın zorlu olduğu alanlardır. Ev stüdyoları, oda yüzeylerinde yapısal değişikliklerin gerçekleştirilemediği ve profesyonel seviyedeki akustik malzemelerin yerleştirilmesinin çoğunlukla mümkün olmadığı yerlerdir. Dolayısıyla piyasada emici malzeme olarak pazarlanan ancak herhangi bir akustik ölçüm verisine sahip olmayan basit malzemelerin yüzeylere gelişigüzel uygulandığı odalarla sıkça karşılaşılır.

1950'lerden itibaren, akustik literatüründe profesyonel stüdyoların kontrol odaları üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda yansımaların, ses yayılımının ve akustik bozulmalara sebep olan kusurların kontrolüne yönelik tasarım farklılıkları ve farklı tekniklerle oluşturulmuş kontrol odası tasarımları ortaya çıkmıştır (Voetmann, 2007). Auvinen'e göre ise (2016) kapsamlı akustik tasarımların evlerdeki odalarda uygulanmaları fiziksel kısıtlar ve maliyet gibi sebeplerden mümkün olamamaktadır.

Yaşam alanları olan müstakil ev, apartman vb. mimari yapılar genellikle belirli yapısal standartlar gözetilerek, inşaatı kolay olan formlarda tasarlanır ve inşa edilirler. Yapılarda dikdörtgen planlar, odaların yerleşimi ve odaların boyutlandırılmasında sağladığı esneklikler nedeniyle ağırlık kazanmıştır (Staedman, 2006). Tavan yükseklikleri genellikle akustikte ideal olarak tanımlanan yüksekliklere kıyasla alçaktır. Odaların bu formlarda inşa edilmesi hem inşaattaki kullanım alanı verimliliğinin sağlanması, hem de inşaat maliyetleri açısından normal bir durumdur. Ancak yaşam alanları olmanın ötesinde, müziksel icra ve kritik dinleme ortamı olarak kullanıldıklarında, sebep oldukları akustik kusurlarla, yetersiz bir işitsel performans göstermeleri kaçınılmazdır. Bu akustik kusurlar müzik eğitimi almamış kişiler için çoğunlukla rahatsız edici olmayan, fark edilmeyen ya da bilinçli bir düzeyde tanımlanamayan problemlerdir. Ancak müzik profesyonelleri açısından işitilebilir ve tanımlanabilirler. Özellikle de mix ve mastering uygulamaları gerçekleştiren müzik profesyonelleri, kötü akustiğe sahip odaların etkilerini yaptıkları uygulamalarda net bir şekilde algılayabilirler. Bu etkilerin en belirgin sonucu yapılan mix - mastering uygulamasının ev stüdyosunda "iyi" duyulurken kulaklık, farklı bir hoparlör sistemi, araba ses sistemi ya da başka bir dinleme odası gibi diğer dinleme ortamlarında "kötü" duyulmasıdır. Bunun önemli sebeplerinden birisi uygulamanın yapıldığı ev stüdyosundaki yansımalar ve yansımaların etkilerinden kaynaklanan

duyum bozulmalarıdır. Dolayısıyla ev stüdyolarında karşılaşılan akustik sorunlar ve duyulan sinyaldeki renklemeler, yapılacak işlerin tekrar tekrar kontrol edilerek iş teslim sürelerinin uzamasına, yapılan mix ve masteringler için üst üste düzeltmeler istenmesine ve kötü senaryoda, tamamlanan işin kabul görmemesi gibi sonuçların doğmasına sebep olmaktadır.

Akustikte duyuma yönelik sorunların düzeltilmesi yapısal değişiklikler ile beraber maliyetli müdahalelerin gerçekleştirilmesini gerektirir. Sorunları yaratan yansımaları, yansımalarından kaynaklanan rezonansları, renklemeleri, ekoları vb. kontrol altına almak için paralel yüzeyleri eğimlendirme, yeni yüzeyler oluşturma, emici ve yayıcı malzemelerin yerleştirilmesi vb. yöntemler uygulanır. Bu işlemler maliyetlerinin yanında odaların boyutlarının büyük oranda değişmesine ve kullanım alanının azalmasına sebep olur. Ayrıca evlerdeki odalar gibi küçük hacimlerde, inşaatın yapısı, oda boyutları ve hacim ile ilişkili olan akustik kusurlar, bahsedilen müdahaleler yapılsa bile ya kısmen düzelecek ya da düzelmenin ötesinde yeni akustik sorunların doğmasına sebep olacaktır.

Küçük oda akustiğinde en önemli problemler alt frekanslarda etkili olan oda rezonanslarının dağılımları, yüzeylerdeki erken yansımaların anlık etkileri ve bunların sonucu olarak duyulan sesteki renklemelerdir (Vorlander, 1998). Oda rezonansları ya da diğer adı ile oda modları her boyuttaki kapalı hacimde görülen ancak küçük odalarda etkileri çok daha belirgin hissedilen alt frekans rezonanslarıdır. Odaların kimi noktalarında duyulan alt frekans seviyelerinde artış, kimi noktalarında ise azalış şeklinde hissedilirler. Kapalı hacimlerde oda rezonanslarının sebep olduğu akustik sorunlar basit müdahalelerle yok edilemezler. Ev stüdyolarında dinleme noktası, oda rezonanslarının yanında erken yansımaların da yoğun etkisi altındadır. Erken yansımalar hoparlörlerden dinleyicinin kulağına hoparlör yanlarında yer alan duvarlardan, tavadan ve hoparlör ile

dinleyici arasındaki tüm sert yüzeylerden yansıyarak seviyesi yüksek erken yansıma enerjisi olarak ulaşırlar. Bu sert yüzeylerden biri olan çalışma masaları hoparlör ve dinleyici arasındaki eksende erken yansımaları en şiddetli ileten yüzeylerdendir. Küçük odalarda - özellikle de stüdyo kontrol odalarında- yan yüzeylerden ve tavandan oluşan erken yansımalar üzerine pek çok çalışma olmasına rağmen, ev stüdyolarında çalışmalar yok denecek seviyededir. Ev stüdyoları çalışmalarındaki bu kıtlığın sebebi yukarıda da bahsedilen inşaat farklılıklarının ve standart olmayan oda formlarının yarattığı ölçüm tutarsızlıkları ve bunlarla ilişkili olan akustik tasarım zorluklarıdır. Bu sebeple ev stüdyolarında kullanıcıların kolayca müdahale edebileceği yüzeylerin belirlenmesi ve yapılacak akustik düzenlemelerin bu yüzeyler çerçevesinde gerçekleştirilmesi akılcı olacaktır.

Küçük Oda Akustiğinde Erken Yansımalar

Yansımalar akustik biliminde pek çok değerlendirmenin temeli ve yansıma süresi (reverberation time) adı verilen sönümlenme etkisini oluşturan bileşenlerdir. Geleneksel akustik tasarım yaklaşımında yansıma süresi önemli bir değerlendirme kriteri iken bazı araştırmacılara göre küçük hacimli alanlarda önemsiz bir ölçüttür (Toole, 2008, s. 63). Küçük odalarda yansıma konser salonlarına kıyasla çok daha kısa sürelerde gerçekleşir. Bu sebeple yansımaların erken ve geç yansımalar olarak sınıflandırılması ve erken - geç yansıma enerjilerinin duyumdaki etkilerine göre değerlendirilmesi gerekir. Erken yansımaların yoğunluğu, sayısı ve yönel davranışları odalarda önemli akustik etkiler doğurur.

Öziş ve Vergili'ye göre (2008) küçük odalarda, dinleyici noktasına ulaşma süreleri büyük odalara kıyasla kısa olan erken yansımaların dinleyiciye ulaşma zaman ve gürlükleri önemli algısal etkiler doğururlar. Psikoakustik alanındaki öncü çalışmalarında Haas, erken yansımaların da içerisinde bulunduğu zamansal aralığı, sönüm süresinin 10 ile 35

ms aralığındaki bölümü olarak tanımlar. Bu alana akustikte “füzyon alanı” ya da “Haas alanı” adı verilir (Everest & Pohlmann, 2009, s. 60). Haas alanı, psikoakustikte, kaynak konumlandırma (source localization) ile ilgili ipuçlarının ve hacmin boyutsal hissini veren öncelik etkisinin (precedence effect) olduğu zamansal aralıktır. Haas alanı ve erken yansımalar değerlendirilirken ITDG (Initial Time Delay Gap) süresinin de ele alınması gerekir. ITDG, Beranek tarafından direkt sesi takip eden ilk yansımanın dinleyici noktasına ulaşması için geçen süre olarak tanımlanır (Beranek, 2008). Bu sürenin aldığı zamansal değerler erken yansımaların enerjilerinin değerlendirilmesinde kullanılır ve Beranek tarafından akustikte samimiyet (intimacy) olarak değerlendirilen algı ile ilişkilendirilir. Ayrıca Beranek küçük hacimlerde konser salonlarına kıyasla daha düşük ITDG zamanlarının (<20 ms) tercih edildiğini belirtmiştir (Hyde, 2019). Kontrol odası akustiği literatüründe de dinleme noktasında ilk 10 - 20 ms aralığındaki yansımaların kontrol altında tutulması gerekliliği belirtilir (Vergili, 2012). Bu bilgileri destekler bir çalışmada Dunn ve Protheroe (Dunn & Protheroe, 2007), erken yansımaların konser salonu gibi büyük hacimlerde performansın bir parçası haline gelerek berraklık (clarity) ve kaynak genişlik algısının (apparent source width) artmasında etkili olduğunu ancak bu etkilerin küçük oda akustiğinde istenmediğini belirtir. Bu sebeple küçük odalarda özellikle de kritik dinleme yapılan odalarda dinleme noktasına ulaşan erken yansımalar baskılanırlar. Ayrıca mix işlemi yapılan odalarda duyumdan odanın etkisini kaldırmak, yani akustik olarak “cansız” dinleme ortamları bazı ses mühendisleri tarafından daha iyi olarak tanımlanmıştır (Toole, 2015).

Küçük oda akustiği üzerine çalışmalar incelendiğinde stüdyo kontrol odası akustiğinin yapılan çalışmaların sayısı ve çeşitliliği ile ön plana çıktığı görülür. Stüdyo kontrol odaları özelleşmiş akustik tasarımlara sahip hacimlerdir. Kontrol odası akustiğinde erken yansımaların baskılanması ve daha kısa

ITDG zamanı oluşturulması yaklaşımlarının kimi zaman dışına çıktığı, kimi zaman ise korunduğu görülebilir. Dolayısıyla odanın algısal olarak daha büyük ya da daha küçük hissedilmesini sağlama arayışı, frekans tepkisinin doğruluğunu sağlama, dinlemede düzgün bir stereo imaj sağlanması ve erken yansımaların bozucu etkilerinin kontrol altında tutulması gibi akustik gereklilikler sebebiyle süreç içerisinde çeşitli kontrol odası tasarımları ortaya çıkmıştır. Newell'in (2017, s. 370) bu alandaki öncü kitabında belirttiği üzere, 1970'li yıllarda Westlake tipi odalar olarak da bilinen "Geometrik olarak kontrol altında tutulan odalar" ile başlayan tasarımlar, Jensen tipi odalar olarak bilinen Directional Dual Acoustics prensibi ile devam eder. Aynı dönemlerde başlayan ve 80'lerin başlarında Tom Hidley'in son halini verdiği "Non - Environment" tasarımı, aynı yıllarda ortaya çıkan Don Davis ve Chips Davis'in "Live End - Dead End - LEDE" tasarımı kontrol odalarının mimari yapılarında ve akustik özelliklerinde dikkat çekici değişimleri getirir. Bundan sonra D'Antonio ve Konnert'in (1984) erken yansımaların kontrolüne yönelik yaptıkları geliştirmeler ile "Reflection Free Zone - RFZ" tasarımı gelir.

Yıllar içerisinde gelişen ve değişen tasarımlardaki amaçlar, akustik kriterlerin sağlanabilmesi, ITDG aralıklarının elde edilmesi ve erken yansımaların olumsuz, bozucu ve renklendirici etkilerinin önüne geçilebilmesidir. Öte yandan bu tasarım yaklaşımları erken yansıma problemlerini oda duvarları, zemin ve tavan gibi yapısal bileşenleremüdahaleederekçözmeyi amaçlar. Ayrıca stüdyolarda, oda yüzeylerinden oluşan erken yansımalar haricinde tespit edilen önemli bir erken yansıma problemi de stüdyodaki ses masalarının (mixer) yüzeylerinden yansıyan seslerdir. Bu öncü yansımaların sebep olduğu faz problemleri ve frekanslardaki kayıplar Davis'in kontrol odaları üzerine çalışmalarında ele alınmış, hoparlörlerden dinleyiciye iletilen sinyalin kimi frekanslarında 5 desibeli aşan kayıpların olduğu belirlenmiştir. Ses masasının erken yansımalara sebep olan üst yüzeyinin

akustik bir kapak ile kapatılması halinde daha doğru bir frekans cevabı alınabildiği yapılan ölçüm ile gösterilmiştir (Davis & Meeks, 1982). Ancak ses masasının üzerinin bir kapakla kapatılmasının ekipmanın kullanımında yaratacağı sorunlar nedeniyle uygulanabilirliği tartışmalıdır.

ITDG ve erken yansımalar açısından değerlendirildiklerinde ev stüdyolarındaki akustik durum, profesyonel ses kayıt stüdyolarından ayrılır. Daha önce de bahsedildiği gibi, evlerdeki odaların mimari çeşitliliği bu odaları akustik özellikleri bakımından oldukça değişken mekanlar haline getirmektedir. Odalar form, ölçü ve hacim olarak standart değildirler. İnşaatta kullanılan malzeme katmanları, ses geçiş ve yalıtım özellikleri de farklılıklar göstermektedir. Bunlara ek olarak oda içerisinde yer alan kişisel kullanıma yönelik mobilyalar (koltuklar, kitaplıklar vb.) ve yüzeylerdeki rastgele yutucu özellikli malzemeler (halılar, perdeler vb.); yansımaların oda genelinde düzensiz dağılımına sebep olurlar.

Ev stüdyolarında kuvvetli erken yansımalar oluşturan sert yüzeyler, hoparlörlerin ses yayılım örüntülerini bozarak işitilen sinyalde frekans cevabı bozulmalarına, stereo imaj bozulmalarına ve bu olumsuz etkilerin birleşimiyle dinleme noktasında hatalı ve yanıltıcı bir duyumun oluşmasına sebep olmaktadır. Dinleme hattındaki sert yüzeylerden en başta geleni çalışma masalarının üst yüzeyleridir. Bu yüzey, dinleyici ile hoparlör arasında sesin kat ettiği en kısa yolda yer alır ve hoparlörden çıkan direkt sesin ilk yansımaları olarak yüksek seviyede erken yansımalar üretir. Bu tip yüzeylerin duyuma olan etkileri üzerine literatürdeki çalışmalar ise yetersizdir. Gentner, Braasch ve Calamia (2007) yaptıkları deneyde masif ve delikli masa yüzeylerinin erken yansımaların oluşturduğu renklendirmeleri nasıl etkilediğini araştırmışlar ve iki aşamalı dinleme testinin sonucunda masif masa yerine delikli yüzeye sahip masa kullanılması halinde

renklenmelerin azaldığını, yapılan dinleme testine katılan katılımcıların tercihlerinin de bu doğrultuda olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışma haricinde masaların duyumdaki olumsuz etkilerine yönelik bir diğer çıkarım, Grammy ödüllü ses mühendisi Jesse Ray Ernster'in ev stüdyosu özelinde yapılabilir. Ernster ses endüstrisinin öne çıkan dergilerinden birisi olan Sound on Sound dergisinin Haziran 2021 sayısı için verdiği röportajda ev stüdyosundan ve stüdyosundaki kurulumundan bahseder. Röportajda yer alan görsellerle beraber Ernster'in ev stüdyosunda hoparlör ve dinleyici arasında herhangi bir çalışma masası ya da obje olmadığı görülür. Tüm duvarların, tavan ve zeminin de çeşitli ses yutucu malzemelerle kaplandığı, dinleme noktasında yansımaz bir alan oluşturulduğu görülebilmektedir. Dinleme noktasının görüldüğü fotoğrafın altında ise Ernster'in ev stüdyosunda masasız bir kurulumu tercih ettiği ve bu sayede yansımaların bozucu etkilerini yok ettiği belirtilmiştir (Tingen, 2021).

Araştırma Problemi

Ev stüdyolarının formlarındaki mimari tutarsızlıklar, küçük odalarla ilişkilenen akustik sorunlar ve erken yansımaların etkilerine yönelik bilgiler müzik profesyonellerinin evlerinde gerçekleştirdikleri uygulamalarda önemli kısıtlara sebep olmaktadır. Mimari formların değişimi ve oda rezonanslarının indirgenmesi oldukça zorlu süreçlerdir. Öte yandan erken yansımaların kontrol altına alınmaları daha basit akustik müdahalelerle sağlanabilmektedir. Ev stüdyolarında erken yansımaların olumsuz etkilerinin tespit edilmesi, yüksek seviyeli erken yansımalarla sebep olan yüzeylerin belirlenmesi ve yapılacak müdahalelerle erken yansımaların kontrol altına alınması duyulan sinyalin duruluğunda ve kalitesinde belirgin etkiye sahiptir. Bu önermeden hareketle ev stüdyolarında hoparlör - dinleyici arasında yer alan çalışma masalarının ve çalışma masalarından yansıyan erken yansımaların ortadan kaldırılmasının odadaki akustik durumda ve işitilen sinyalde ne gibi etkilerinin olduğunu tespit edilmesi gereklidir.

Yöntem

Bu makalenin deney aşaması bilgisayar ortamında, akustik simülasyon yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Simülasyonun gerçekleştirilebilmesi için üç boyutlu bir oda modellenmiştir. Modellenen odanın ölçüleri için literatürde oda oranları üzerine yapılan çalışmalar temel alınmış ve Bolt alanı içerisinde yer alan, sayıca daha kontrollü oda rezonanslarına sahip, tüm yüzeyleri paralel dikdörtgen formu bir oda modellenmiştir. Seçilen oda boyutları 5.20 x 3.80 x 2.75 metredir ve oda 54.34 metreküp hacme sahiptir. Bu oda üzerinde, ODEON yazılımında bir akustik simülasyon gerçekleştirilmiş ve hoparlör - dinleyici arasında çalışma masasının varlığı ve yokluğu durumunda dinleyici noktasına ulaşan sesin akustik verileri elde edilmiştir. Bu akustik veriler içerisinde yansıma dağılım grafikleri ve ITDG süresi ile erken yansımaların davranışları değerlendirilmiştir. Daha sonra dinleme noktasında ölçülen frekans tepki grafikleri ile masa kaynaklı erken yansımaların duyumda bozulmalar yarattığı frekanslar tespit edilmiştir.

DeneySEL Modelleme

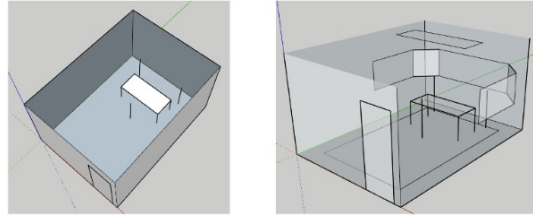
Akustik simülasyon deneyi için dikdörtgen formu bir oda modellenmiştir. Belirlenen odanın ölçüleri için iki kriter ön planda tutulmuştur. Birinci kriter odanın günümüzde inşaatı yapılan yaşam alanlarının içerisinde yer alabilecek ölçülerde bir oda olmasıdır. Bu şekilde günümüz apartman, müstakil ev vb. yaşam alanlarında yer alan ev stüdyolarının boyutları ile uyumlu ölçülerde bir oda elde edilmesi amaçlanmıştır. İkinci kriter ise odanın ölçülerinin literatürde Bolt alanı olarak tanımlanan alanın içerisinde yer alan ölçülerde bir oda olmasıdır. Bu sayede küçük odalarda karşılaşılan modal rezonansların sayıca kontrol altında olduğu bir oda elde edilmiş olacaktır. Öziş ve Vergili'nin çalışmasında (2008) oda oranlarının Bolt alanı içerisinde belirlenmesinin faydaları aktarılmaktadır.

Bu kriterler göz önünde tutularak modellenen odanın uzunluğu 5.20m, genişliği 3.80m ve

tavan yüksekliği 2.75 metredir. Bu ölçülerle deney odası 54.34 metreküp hacme sahiptir. Odanın tüm yüzeyleri paralel yüzeylerdir. Odada dinleyici rolünde modellenen alıcı yan duvarlara 190 cm uzaklıkta olacak şekilde yanal eksenin tam orta noktasına konumlandırılmıştır. Alıcı arka duvara 286, ön duvara ise 234 cm uzaklıkta yer almaktadır. Dinleyici noktasının yerden yüksekliği 120 cm'dir. Odada ses kaynağı olarak iki hoparlör modellenmiştir. Hoparlörler arkalarında yer alan duvardan 60 cm uzaklıkta, yan duvarlardan ise 90 cm uzaklıkta konumlandırılmıştır. Hoparlörlerin yerden yükseklikleri 120 cm'dir. Hoparlörler ve dinleyici noktası kusursuz bir eşkenar üçgen oluşturmaktadır. Eşkenar üçgeni oluşturan iki hoparlör ve dinleyici arasındaki uzaklıklar 200 cm'dir. Simülasyonda ses kaynağı olarak kullanılan hoparlörler için endüstrinin önde gelen dinleme monitörü üreticilerinden birinin ürettiği bir modele ait yayılım diyagramı kullanılmış ve hoparlörlerin her biri için dinleyici noktasında 79 dB(A) dinleme seviyesi sağlamak için -11 desibel çıkış seviyesi belirlenmiştir. Deneyde erken yansımalarla ilgili duyum üzerindeki etkileri araştırılacak olan çalışma masasının genişliği 180 cm, derinliği 80 cm, yerden yüksekliği 75 cm'dir.

ODEON mimari akustik simülasyon yazılımında gerçekleştirilen simülasyon deneyi iki aşamalı olarak yürütülmüştür. Birinci aşamada modellenen odanın tüm yüzeyleri %100 emicilikte malzemelerle kaplanmıştır. Pratikte karşılaşılmaması mümkün olmayan bu malzeme kullanımı ile masa haricindeki tüm yüzeylerde olabilecek en yüksek emicilik değerlerine ulaşılmış, kısmen yansısız bir oda elde edilmiş ve bu sayede çalışma masası yüzeyinden kaynaklanan erken yansımalar izole edilmiştir. İkinci aşamada ise odanın yüzeylerine, var olan bir üreticiye ait emicilik değerleri bilinen akustik paneller standart bir ev stüdyosu akustiği yaklaşımı ile yerleştirilmiştir. Hoparlörlerin yanlarına, arkalarına ve dinleyici noktasına tavandan ulaşan erken yansıma noktasına bu akustik panellerin yerleşimleri yapılmıştır. Ayrıca

zemine halı yerleşimi yapılarak zeminde de yutucu özellik sağlanmıştır. İki aşamalı deney için modellenen odalar aşağıdaki görsellerde yer almaktadır.



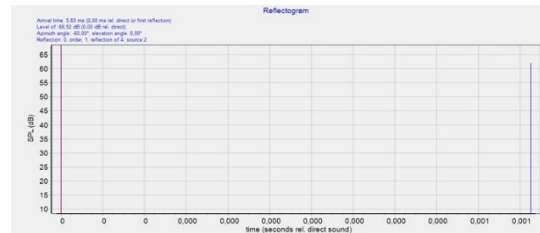
Şekil 1. Deney için modellenen odalar

Verilerin Analizi ve Bulgular

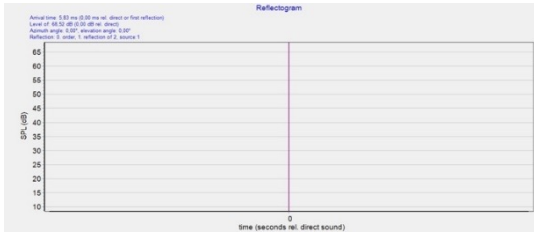
Birinci modelde ilk olarak çalışma masası mevcutken simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyondan frekans cevap grafiği ve yansıma grafiği (reflectogram) elde edilmiştir. Daha sonra çalışma masası modelden kaldırılmış ve yeni bir simülasyon gerçekleştirilerek frekans cevap grafiği ve yansıma grafiği elde edilmiştir. İkinci modelde de çalışma masası var ve yok iken gerçekleştirilen simülasyonlarla frekans cevap grafikleri ile yansıma grafikleri elde edilmiştir. Deneyin her iki aşamasından elde edilen grafiklerdeki sonuçlar karşılaştırılarak, erken yansıma davranışları arasındaki ilişkiler ve yansılardan etkilenen işitsel durum sıradaki bölümde değerlendirilecektir.

Çalışma Masalı ve Masasız Odaların Yansıma Grafiklerinin Değerlendirmesi

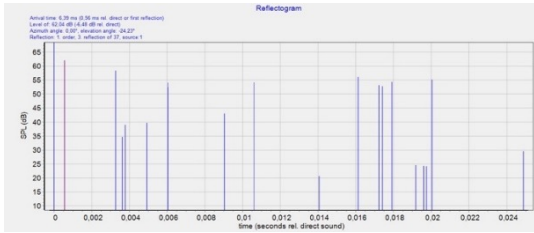
ODEON yazılımında gerçekleştirilen akustik simülasyon sonrası elde edilen yansıma grafikleri (reflectogram) aşağıdadır.



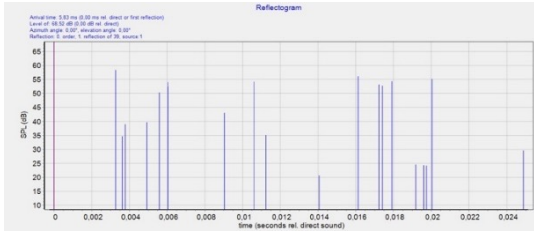
Şekil 2. Yansısız - Masalı Oda Reflectogram



Şekil 3. Yansımaz - Masasız Oda Reflectogram



Şekil 4. Basit Akustik Tasarım - Masalı Oda Reflectogram



Şekil 5. Basit Akustik Tasarım - Masasız Oda Reflectogram

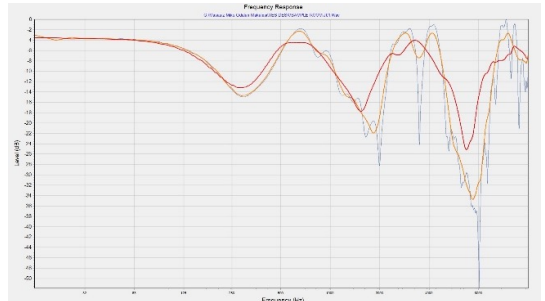
Maksimum seviyede emici yüzeylere sahip ve basit akustik tasarıma sahip odaların reflectogramları incelendiğinde:

- Yansımaz odada masa varken sadece masadan yansıyan bir adet erken yansıma olduğu görülmektedir. Bu yansıma dinleyici noktasına 5.83 ms de ulaşan direkt sestem 0.56 ms sonra, 6.39 msde dinleyiciye ulaşmaktadır. Masa dinleyici ve hoparlör arasından kaldırıldığında bu yansımanın kaybolduğu ve dinleyici noktasına sadece hoparlörlerden çıkan direkt sesin ulaştığı sağdaki grafikte görülebilir.
- Basit akustik tasarıma sahip odada da direkt ses ve masadan oluşan ilk erken yansıma sırasıyla, 5.83 ms ve direkt sestem 0.56 ms sonra, 6.39 msde dinleyiciye ulaşmaktadır. Bu yansıma soldaki grafikte kırmızı renkle görülen yansımadır. Sağdaki grafikte masadan kaynaklanan 6.39 msdeki erken yansımanın ortadan kalktığı

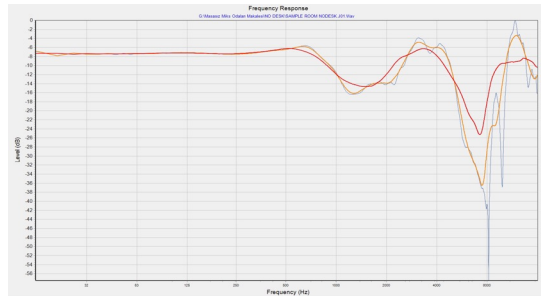
görülmektedir. Ancak masa ortadan kalkınca zeminden yansıyan iki yeni erken yansımanın oluştuğu görülebilmektedir.

Çalışma Masalı ve Masasız Odaların Frekans Tepkisi Grafiklerinin Değerlendirmesi

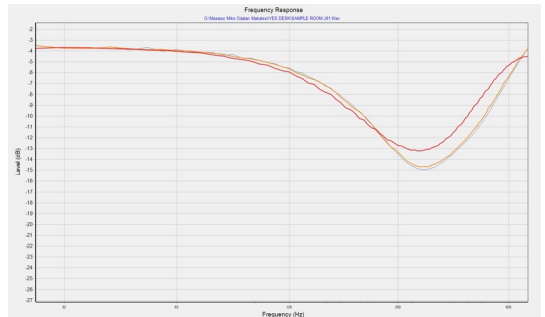
Reflectogramlar ile masadan kaynaklanan ve direkt sestem 0.56 ms dinleyiciye ulaşan ilk erken yansıma tespit edilmiştir. Aşağıdaki grafiklerde maksimum emicilikte malzeme kaplı odada çalışma masasından kaynaklanan erken yansımanın duyumdaki etkisi gösterilmektedir. Sol sütundaki grafikler çalışma masalı odanın, sağ taraftakiler ise masasız odanın frekans tepkisi grafikleridir.



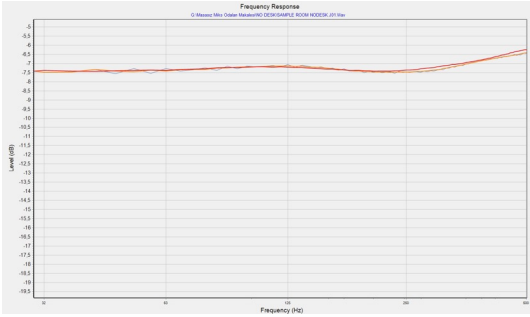
Şekil 6. Masalı Oda Tam Spektrum Frekans tepkisi



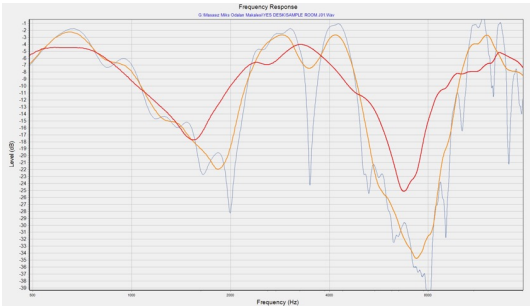
Şekil 7. Masasız Oda Tam Spektrum Frekans tepkisi



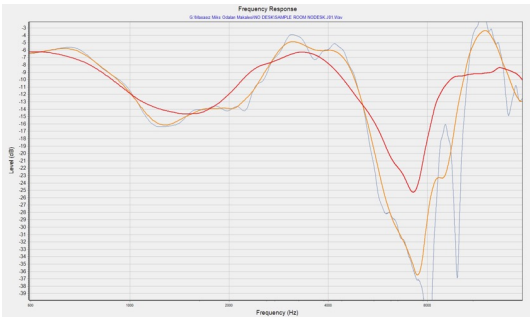
Şekil 8. Masasız Oda Tam Spektrum Frekans tepkisi



Şekil 9. Masasız Oda 63 - 500 Hz Aralığı Frekans tepkisi



Şekil 10. Masalı Oda 500 Hz - 8 kHz Aralığı Frekans tepkisi



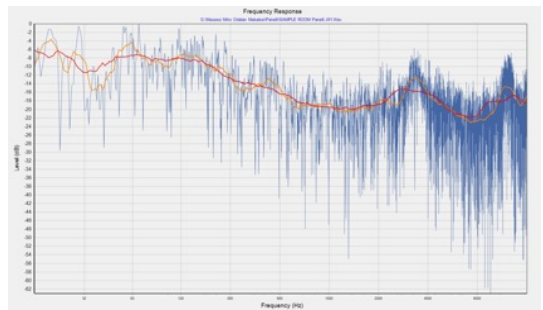
Şekil 11. Masasız Oda 500 Hz - 8 kHz Aralığı Frekans tepkisi

Yüzeyleri maksimum emicilikte malzeme ile kaplı, yansız olarak değerlendirilebilecek odanın dinleme noktasındaki frekans tepkisi değerlendirmesi sonucunda:

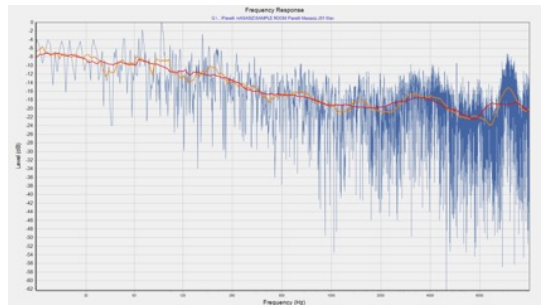
➤ Kırmızı renkli 1/1 oktav bant grafiğinde çalışma masası var iken 32 Hz - 63 Hz frekans bandının seviyesinin -4 desibel civarında olduğu, 63 Hz'den başlayarak merkez bandı 270 Hz civarında olmak üzere 500 Hz'e kadar geniş bir Q eğrisi ile -11 desibel kayıp olduğu gözlenmektedir. Hoparlör dinleme hattından çalışma masası kaldırıldığında seviyenin -7 desibelde olduğu ve 500 Hz'e kadar düzenli bir frekans cevabı ile kayıpsız bir sinyalin dinleme noktasına ulaştığı görülmektedir.

➤ En alt sıradaki kırmızı renkli 1/1 oktav bant grafikleri incelendiğinde çalışma masası var iken -4 desibel seviyesinde 500 Hz'den başlayan, 1.6 kHz merkez bandı olan ve 3.5 kHz'e kadar geniş bir alanı kaplayan bir sinyal düşüşü görülmektedir. Bu düşüş 13 - 14 desibel arasında bir düşüştür. Ayrıca insan kulağının en hassas olduğu orta frekans bölgesinde yer alan 1.6 kHz, 2 kHz ve 3.8 kHz bantlarında -22 dB, -28 dB ve -24 dB seviyelerinde sert tarak filtreleme (comb filtering) düşüşleri gözlemlenmektedir. 500 Hz - 3.5 kHz bantları arasındaki düşüş masa kaldırıldığında da gözlemlenmektedir. Ancak düşüşün seviyesi 8 - 9 desibel aralığındadır. Dikkat çekici olan diğer bir nokta, dinleme hattından masa kaldırıldığında 1.6 kHz, 2 kHz ve 3.8 kHz bantlarındaki tarak filtreleme şeklindeki düşüşlerin ortadan kalkmalarıdır.

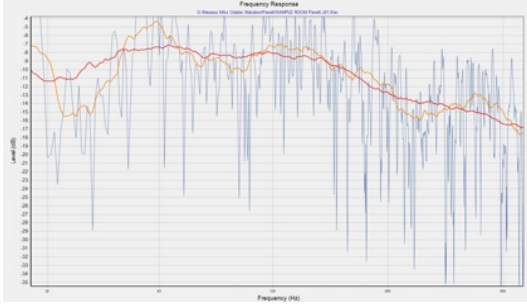
Aşağıdaki grafikler basit bir akustik tasarım uygulaması yapılmış odada çalışma masasının duyumdaki etkisini göstermektedir. Sol sütundaki grafikler çalışma masalı odanın, sağ taraftakiler ise masasız odanın frekans tepkisi grafikleridir.



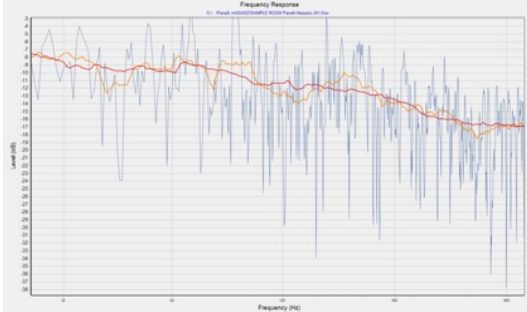
Şekil 12. Masalı Oda Tam Spektrum Frekans tepkisi



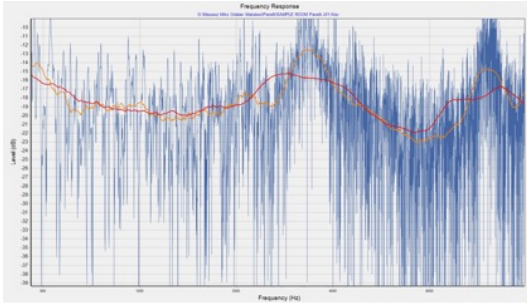
Şekil 13. Masasız Oda Tam Spektrum Frekans tepkisi



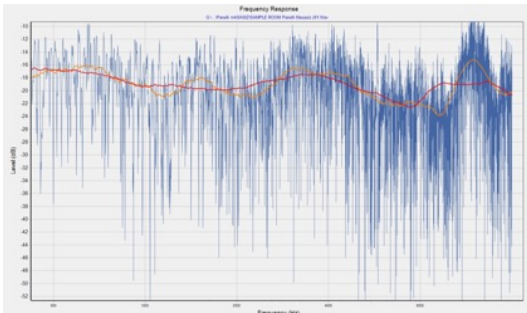
Şekil 14. Masalı Oda 63 - 500 Hz Aralığı Frekans tepkisi



Şekil 15. Masasız Oda 63 - 500 Hz Aralığı Frekans tepkisi



Şekil 16. Masalı Oda 500 Hz - 8 kHz Aralığı Frekans tepkisi



Şekil 17. Masasız Oda 500 Hz - 8 kHz Aralığı Frekans tepkisi

Maksimum emicilikte malzeme kullanılan odaya göre çok daha canlı bir oda olan ikinci odanın frekans tepkisi grafikleri incelendiğinde:

➤ Masalı ve masasız durumda bas frekans yoğunluğunun tiz frekanslardan ortalama 12 db daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi yüzeylerde orta ve tiz frekanslarda emicilik gösteren emici malzemelerin kullanılmış olmasıdır.

➤ Odada masalı ve masasız dinleme için pek çok tarak filtreleme frekanslarının varlığı görülmektedir. Ancak masasız odada hem filtrelenen frekans sayısı masalı odaya göre daha azdır, hem de filtrelenen frekansların düşme seviyeleri çok daha düşüktür.

➤ Kırmızı renkli 1/1 oktav bant grafiğine göre, masalı odada 20 Hz - 63 Hz bant aralığında 6 dB seviyesinde düşüş görülmektedir. Bu düşüş turuncu renkli 1/3 oktav bant grafiğinde 8 - 9 dB seviyesine ulaşmaktadır.

➤ 125 Hz - 1 kHz aralığındaki alt-orta ve orta frekans bantlarında masalı odada görülen düşüş 12 dB'dir. Masasız odada ise bu düşüş 7 - 8 dB aralığındadır. Dolayısı ile emici malzemelerin olumsuz etkisine rağmen orta frekansların masasız odada daha düzenli yayılım gösterdiği görülmektedir.

➤ 2 kHz - 6 kHz aralığındaki üst-orta frekans alanında masalı odada 5 dB civarında bir yükselme söz konusudur. Masasız odada ise bu yükselme 2 - 3 dB arasındadır. Dolayısı ile masasız odada orta frekanslar genelinde masalı odaya kıyasla daha düzenli olan frekans yayılımı üst-orta frekans alanı için de söylenebilir.

Tartışma ve Sonuç

Yansımaz - masalı odada merkez bandı 270 Hz'de olan ve 32 Hz'den 500 Hz'e kadar oldukça geniş bir alanı kapsayan çökme, alt frekanslarda -4 desibelden -11 desibele önemli bir kayıp olduğunun göstergesidir. Bu kayıp odadan masa kaldırıldığında ortadan kalkmaktadır. Bu frekans alanı hem alt frekansların hem de alt-orta frekansların yer aldığı bölgedir ve pek çok çalgının ve insan sesinin temel frekanslarının yer aldığı önemli bir frekans alanıdır. Ayrıca bu frekanslar, dinleyiciler için güç ve dolgunluk hissini

sağlayan frekanslardır.

Yansımaz - masalı odada, 500 Hz ve 3.5 kHz aralığında, merkez bandı 1.6 kHz olan 13 - 14 desibellik bir düşüş söz konusudur. Masa ortadan kaldırıldığında bu düşüşün seviyesi azalmakta ve 8-9 desibele inmektedir. Ayrıca odada masa varken, 1.6, 2 ve 3.8 kHz frekanslarında çok dar bantlarda sert tarak filtreleme düşüşleri tespit edilmiştir. Bu düşüşlerin seviyeleri -22, -28 ve -24 desibellededir. Bu frekans alanları müzikte çalgıların ve insan sesinin temel frekanslarının ve armoniklerinin yer aldığı frekans bölgeleridir. İnsan kulağının en hassas olduğu frekanslar olan orta frekans bölgeleri dinleyicilerin dolgunluk, netlik, berraklık gibi algılarını da etkileyen frekanslardır. Bu alanda oluşacak duyum eksiklikleri ve bozulmaları gerçekleştirilen uygulamaların dinleyiciler tarafından algılanmasında da sorunlar yaratacaktır.

Basit akustik tasarıma sahip oda yüzeylerinde, genel kullanıcı eğilimlerine benzer şekilde, hoparlör çevrelerinde orta ve tiz frekanslarda emici malzemeler kullanılmıştır. Bunun sonucu olarak odanın frekans cevabında orta ve tiz frekanslar azalmış, bas frekanslar öne çıkmıştır. Ayrıca tüm yüzeylerin yansıtıcı karakterli olmaları sebebiyle yansımaz odaya kıyasla çok daha karmaşık bir frekans cevap grafiği oluşmuştur. Odanın tüm yüzeyleri arasında yansımalarından kaynaklanan akustik faz farkları pek çok tarak filtreleme frekansının oluşmasına sebep olmuştur. Masalı odada 20 Hz - 63 Hz arasında bas frekanslarda ortalama 6 desibel düşüş görülmektedir. Bu düşüş masasız odada ortada kalkmaktadır. Masalı odada 125 Hz - 1 kHz arasında görülen 12 desibellik düşüş masa kaldırıldığında 7 - 8 desibel civarına düşmektedir. Ayrıca masalı odada 2 kHz - 6 kHz arasında 5 desibellik bir yükselme ölçülmüş ve bu yükselme masasız odada 2 - 3 desibele inmiştir. Tüm bu bilgilerden hareketle masasız odanın frekans tepki grafiklerinin çok daha düzenli olduğu, tarak filtreleme frekanslarındaki düşüş seviyelerinin azaldığı, bas - orta ve tiz

frekanslar arasındaki seviye farklılıklarının azalarak daha eş yayımlı bir frekans cevabı elde edildiği görülmektedir.

Gerçekleştirilensimülasyondeneyisonucunda elde edilen veriler doğrultusunda çalışma masalarının duyumda yarattığı bozulmalar simülasyon verileri ile belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Masaların hoparlör ve dinleyici hattından kaldırılmasının duyulan özellikle alt ve orta frekans bölgelerinde sağlanan iyileşme değerlendirmelerde ve grafiklerde görülmektedir. Müzik endüstrisinin öne çıkan mühendislerinin de benimsemeye başladığı bu yaklaşım, şüphesiz ki ev ortamında çalışan her ses profesyoneli için tercih edilecek bir yaklaşım olmayacaktır. Ancak beraberlerinde pek çok akustik sorunla mücadeleyi getiren küçük odalarda dinleyici noktasındaki duyumu iyileştirmek, ses uygulamalarında olması beklenen işitsel başarıyı arttırmak yönünde uygulanabilir ve etkili bir adım olduğu öne sürülmektedir. Öte yandan çalışma masasının dinleyici - hoparlör arasından kaldırılması elbette ki oda içerisinde başarılı bir akustik sağlanması için tek başına yeterli olmayacaktır. Doğru frekans cevabı ve iyi bir duyum, ancak odanın akustik problemlerinin birer birer tespiti ve doğru tasarımsal yaklaşımların yüzeylere uygulanması ile sağlanabilir.

Sınırlılıklar

Bu çalışma bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiş bir akustik simülasyon deneyi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ev stüdyosu ortamında gerçek bir ölçüm yapılamamıştır. Gelecekteki çalışmalarda bu çalışmada elde edilen verilerin gerçek ölçümlerle teyit edilmesine yönelik bir deney gerçekleştirilecektir.

Bilgilendirme-Teşekkür

Yazar, bu çalışmanın tüm aşamalarında sağladığı destek ve verdiği değerli fikirler nedeniyle sayın Prof. Dr. Feridun Öziş'e teşekkür eder.

Kaynakça

- Auvinen, T. (2016). A New Breed of Home Studio Producer: Agency and Cultural Space in Contemporary Home Studio Music Production. *The Yearbook of Ethnomusicology*, 28.
- Beranek, L. L. (2008). Concert Hall Acoustics-2008. *Journal Of Audio Engineering Society*, 56(7/8), 532-544.
- D'Antonio, P., & Konnert, J. H. (1984). The RFZ/RPG Approach to Control Room Monitoring. AES 76th Convention. New York: Audio Engineering Society.
- Davis, C., & Meeks, G. E. (1982). History and Development of the LEDE Control Room Concept. AES 72nd Convention. Anaheim: Audio Engineering Society.
- Dunn, M., & Protheroe, D. (2007). Visualization of Early Reflections of Control Rooms. AES 123rd Convention. New York: Audio Engineering Society.
- Everest, F. A., & Pohlmann, K. (2009). *Master Handbook of Acoustics*. US: McGraw - Hill/TAB Electronics.
- Gentner, K., Braasch, J., & Calamia, P. (2007). A Perforated Desk Surface to Diminish Coloration in Desktop Audio-Production Environments. AES 123rd Convention. New York: Audio Engineering Society.
- Hyde, R. J. (2019). Discussion of the Relation between Initial Time Delay Gap (ITDG) and Acoustical Intimacy: Leo Beranek's Final Thoughts on the Subject, Documented. *Acoustics*, 1(3), 561-569.
- Neuenfeldt, K. (2007). Learning to Listen When There is Too Much to Hear: Music Producing and Audio Engineering as 'Engaged Hearing'. *Media Internation Australia*, 1(3), 150-160.
- Newell, P. (2017). *Recording Studio Design*. New York: Routledge.
- Öziş, F., & Vergili, S. (2008). Müzik Dinleme Perspektifinde Mekan - İnsan İlişkisi: Kritik Dinleme Odalarının Akustik Parametre İlişkilerinin Değerlendirilmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1(3), 312-327.
- Staedman, P. (2006). Why are Most Buildings Rectangular? *Architectural Research Quarterly*, 10(2), 119-130.
- Tingen, P. (2021, Haziran). Inside Track: Burna Boy 'Time Flies' - Secrets Of The Mix Engineer: Jesse Ray Ernster. Şubat 2, 2022 tarihinde <https://www.soundonsound.com/techniques/inside-track-burna-boy-time-flies> adresinden alındı
- Toole, E. F. (2008). *Sound Reproduction: Loudspeakers and Rooms*. Oxford: Focal Press.
- Toole, E. F. (2015). The Measurement and Calibration of Sound Reproducing Systems. *Journal of Audio Engineering Society*, 63(7/8), 512-541.
- Vergili, S. (2012). *Stüdyo Kontrol ve Kayıt Odası Akustiği: Bir Akustik Düzenleme Uygulaması*. Audio Technologies for Music and Media International Conference 2012. Ankara.
- Voetmann, J. (2007). 50 Years of Sound Control Room Design. AES 122nd Convention. Vienna: Audio Engineering Society.
- Vorlander, M. (1998). Objective Characterization of Sound Fields in Small Rooms. AES 15th Convention. Kopenhag: Audio Engineering Society.

Yazarın Biyografisi



Doç. Dr. **Suat Vergili**, 20 Temmuz 1981 İzmir doğumludur. 2001 yılında başladığı lisans eğitimini, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bilimleri Bölümünde, 2005 yılında tamamlamıştır. Aynı yıl mezun olduğu bölümde yüksek lisansına başlamış ve araştırma görevlisi olarak akademik hayatına başlamıştır. 2008 yılında yüksek lisans, 2015 yılında doktora eğitimini tamamlamış ve aynı yıl Müzik Teknolojisi Ana bilim dalına Yard. Doç. Dr. Olarak atanmıştır. 2020 yılında doçent unvanını almıştır. Çalışma alanları küçük oda ve kritik dinleme odaları akustiği, akustik, psikoakustik, gürültü kontrolü ve elektro akustik sistem tasarımıdır. Halen Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bilimleri Bölümü, Müzik Teknolojisi Ana bilim dalında Dr. Öğr. Üyesi olarak çalışma hayatında devam etmektedir.

A simulation study on the auditory effects of early reflections from work desks in home studio acoustics

Introduction

Music creation, recording and mixing processes have been moved from professional studios to homes with today's technological possibilities. Music industry professionals, musicians, arrangers, producers and sound engineers have started to produce in small rooms - home studios. Home studios are rooms where it is difficult to reach acoustic parameters and standards when compared to professional studios. Structural changes to room surfaces cannot be made and the installation of professional-grade acoustic materials is often not possible.

While there is a lot of work on early reflections from the side surfaces and ceilings in small rooms - particularly studio control rooms - there is little to no work in home studios. The reason for this shortage in home studio work is the measurement inconsistencies caused by the construction differences, non-standard room forms and the acoustic design difficulties associated with them. For this reason, it would be wise to determine the surfaces that users can easily interfere with in home studios and to make acoustic arrangements based on these surfaces.

Hard surfaces, which create strong early reflections in home studios, disrupt the sound propagation patterns of the speakers, causing frequency response distortions in the heard signal, deteriorations on the stereo image, and a false and misleading sensation at the listening point with the combination of these negative effects. The most prominent of the hard surfaces on the listening path are the top surfaces of the work tables. This surface is located in the shortest path traveled by sound between listener and speaker and produces early reflections high in level. Studies in the literature on the effects of such surfaces on sensation are insufficient.

Research Problem

Detecting the negative effects of early reflections in home studios, identifying the surfaces that cause high-level early reflections and controlling early reflections with interventions have a significant effect on the clarity and quality of the heard signal. Based on this proposition, it is necessary to determine the effects of the elimination of work tables located between the speaker and the listener in home studios and the early reflections reflected from the work tables, on the acoustic situation in the room and on the audible signal.

Method

The experimental phase of this article was carried out using the acoustic simulation method. In order to carry out the simulation, a three-dimensional room is modeled. For the dimensions a room in the Bolt area was modeled with parallel surfaces. The selected room dimensions are 5.20 x 3.80 x 2.75 meters and the room has a volume of 54.34 cubic meters. The acoustic simulation was carried out in ODEON software and acoustic data of the sound reaching the listener point in the presence or absence of a work table between the speaker and the listener were obtained.

Discussion and Conclusion

According to the result obtained, the distortions caused by the work tables in the senses are evident with the simulation data. The improvement in the lower and mid-frequency regions, especially when the tables are removed from the loudspeaker and listener lines, can be seen in the discussions of the data and graphics. This approach, which the prominent engineers of the music industry have begun to adopt, will probably not be the preferred approach for every sound professional working in a home environment. However, it is claimed that it is a viable and effective step towards improving the sense of the listener in small rooms and increasing the quality expected in audio applications. On the other hand, removing the work table from the listener-speaker area will of course not be enough to provide adequate acoustics in a room. Correct frequency response and good hearing can only be achieved by determining the acoustic problems of the room one by one and applying the necessary design approaches.

Keywords

acoustical problems, early reflections, home studios, home studio acoustics

