

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
MÜZİK BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YANSIŞIM SÜRESİ FARKLILIKLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ: fMRI ÇALIŞMASI

Hazırlayan:

Suat Vergili

Danışman:

Prof. Dr. Fırat KUTLUK

İZMİR – 2008

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Yansıım Süresi Farklılıklarının Değerlendirilmesi: fMRI Çalışması” adlı çalışmanın tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlanılan eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

...../...../2008

Adı - SOYADI

Suat VERGİLİ

İmza

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü'nün/...../..... tarih ve sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisanüstü Öğretim Yönetmeliği'nin maddesine göre Müzik Bilimleri Anabilim Dalı yüksek lisans öğrencisi Suat VERGİLİ'nin “Yansıım Süresi Farklılıklarının Değerlendirilmesi: fMRI Çalışması” konulu tezi incelenmiş ve aday/...../..... tarihinde, saat’ da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezinolduğuna oy.....ile karar verildi.

BAŞKAN

ÜYE

ÜYE

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ

TEZ/PROJE VERİ FORMU

Tez No: **Konu Kodu:** **Üniv. Kodu:**

- Not: Bu bölüm merkezimiz tarafından doldurulacaktır.

Tez/Proje Yazarının

Soyadı: VERGİLİ

Adı: Suat

Tezin/Projenin Türkçe Adı:

Yansıma Süresi Farklılıklarının Değerlendirilmesi: fMRI Çalışması

Tezin/Projenin Yabancı Dildeki Adı:

Evaluation of Reverberation Time Differences: fMRI study

Tezin/Projenin Yapıldığı

Üniversitesi:

Dokuz Eylül Üniversitesi

Enstitü: Güzel Sanatlar Enstitüsü

Yıl: 2006

Diğer Kuruluşlar:

Tezin/Projenin Türü:

Yüksek Lisans:

Dili: Türkçe

Doktora:

Sayfa Sayısı: 55

Tıpta Uzmanlık:

Referans Sayısı: 23

Sanatta Yeterlilik:

Tez/Proje Danışmanlarının

Ünvanı: Prof.Dr

Adı: Fırat

Soyadı: KUTLUK

Türkçe Anahtar Kelimeler:

1- Yansıma Süresi

2- Akustik

3- fMRI

4-

5-

İngilizce Anahtar Kelimeler:

1- Reverberation Time

2- Acoustics

3- fMRI

4-

5-

Tarih:

İmza:

Tezimin erişim sayfasında yayınlanmasını istiyorum: Evet

Hayır

ÖZET

Müzik araştırmalarında son dönemde yapılan disiplinlerarası çalışmaların en göze çarpanlarından bazıları insan beyninin müziği ve müzikal unsurları nasıl algıladığını araştıran nörobilim çalışmalarıdır. Amatör ve profesyonel müzisyenler, müzik eğitimi almış ya da eğitimsiz dinleyiciler gibi katılımcı grupları ile yapılan bu çalışmaların ana amacı müziğe, müzik beğenisine ve performansa dair yapılan öznel değerlendirmelerin ve tercihlerin nesnel karşılıklarının bulunması, insan beyninin bunları nasıl yorumladığının anlaşılmasıdır. Müzik teknolojisi ve akustik alanında yapılan çalışmalarda da dinleyicilerin öznel tercihleri (subjective preferences) öne ıkmaktadır. Akustik biliminin 19. yy sonlarından itibaren amaçlarından biri de bu öznel yargıları hesaplanabilir somut sonuçlarla ilişkilendirmektir.

Yansıım süresinin kapalı bir alanın boyutları ile ilgili ipuçlarını dinleyiciye veren yegane psikoakustik nitelik olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Hameed vd., 2004). Uzaysal nitelikler (Spatial attributes) olarak tanımlanan bu özellikler kapalı bir alanda olma hissini oluşturan özelliklerdir. Bu alışma yansıım süresi değişimlerinin insan beyninde ne gibi farklılıklara sebep olduğunu ve bunun dinleyici algısında nasıl bir değişiklik yaptığını görmeyi amaçlamaktadır.

Bunun için oda akustiği etkisinden yoksun, yansıımsız (anechoic) bir klarnet sesi, ODEON mimari akustik modelleme yazılımı kullanılarak modellenen, aynı boyutlarda ancak farklı yansıım sürelerine sahip iki oda ile evrişim işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra yapılan fonksiyonel manyetik rezonans taraması (fMRI) esnasında bu iki odadan elde edilen sesler, önce yansıımsız ses, daha sonra kısa ve uzun yansıım sürelerine sahip sesler olacak şekilde katılımcılara dinletilmiştir. Deney için hepsi müzik teknolojisi öğrencisi ya da mezunu, sağ el kullanan, yaşları 23 ile 38 arasında değişen 10 katılımcı belirlenmiştir. Katılımcılardan elde edilen fMRI çekimleri Matlab yazılımı ile alışan Statistical Parametric Mapping (SPM) yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Önce 10 katılımcıdan elde edilen tüm sonuçlara “tek örnek t-test” ile grup analizi uygulanmıştır.

Analiz sonucunda sağ ve sol yarımkürelerdeki oditory korteksler’de superior temporal girus bölgelerinde anlamlı aktivasyon değişimleri gözlenmiştir. Sonuçlarda dikkate çarpan unsurlar yansıım süresi arttıkça aktivasyon alanının da artması, buna karşılık aktivasyon gürlüğünün düşmesidir. Bu sonuç özellikle sağ superior temporal girus’ta daha kesindir. Sol superior temporal girus’ta ise yansıımsız ve 0.8 sn yansııma sahip iki uyarın arasında aynı sonuç görölmüş ancak 1.8 sn yansııma sahip uyarının aktivasyon alanı 0.8 sn yansııma sahip uyarana göre daha dar çıkmıştır. Aktivasyon gürlüğü ise aynen sağ yarımkürede göröldüğü gibi düşmeye devam etmiştir. Sol superior temporal girus’ta görölen bu durum daha sonra yapılacak çalışmalarla incelenilecek bir sonuçtur.

ABSTRACT

Interdisciplinary studies between neuroscience and music, aiming to find out how human brain processes music and musical structures draw much attention. Research amongst subject groups like amateur and professional musicians, people with or without music education etc. is done to provide objective answers for the subjective comments of listeners about musical taste and musical performance and to see how our brain interprets these. The research done in the fields of acoustics and music technology also deal with the subjective preferences of listeners. Specifically, the science of Acoustics, until the end of 19th century, aims to provide objective measures and explanations for all these subjective preferences.

Reverberation time is a unique psychoacoustic cue which gives the clues about the size of an enclosure to the listener (Hameed, 2004). It is one of the identifiers or the “spatial attributes” of an enclosure which gives us the feeling of being in an enclosed space. This thesis aims to understand the changes that reverberation time differences cause in our brains and how these differences affect the perception of listeners.

To achieve this an anechoic clarinet sample has been used. 2 different rooms with same volumes but different reverberation times have been created with Odeon Software and the convolutions were applied to the anechoic clarinet sample. As a result, 3 samples were gathered: one anechoic, one with short (0.8 sec) and one with long (1.8 sec) reverberation times. In the functional magnetic resonance imaging (fMRI) experiment the samples were played to the subjects in this order. 10 subjects were chosen all being right handed and between ages 23 and 38. They were all music technology graduates or senior year students. The results gathered from the fMRI experiment were analysed in Statistical Parametric Mapping (SPM) software which is an add-on of Matlab software. The analysis method is “one sample t test” group analysis.

The result of the analysis shows significant activation differences in superior temporal gyrus’s in both left and right auditory cortex. The activation area increases

as the reverberation time increases. On the other hand, the activation amplitude decreases as the reverberation time increases. This result is more clear in the right superior temporal gyrus. In the left superior temporal gyrus, however, the difference between the anechoic sample and 0.8 sec sample is the same but when it comes to the sample with 1.8 sec RT both the activation area and the amplitude decreases. This difference in the left superior temporal gyrus will be evaluated later in the project.

ÖNSÖZ

Farklı yansıım sürelerine ve dolayısı ile farklı akustik özelliklere sahip bir mekanda bulunma ve bu mekanda müzik dinleme hissinin insan beyninde ne gibi sinirsel etkiler yarattığını inceleyen bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri bünyesinde Prof. Dr. Fırat Kutluk tarafından yürütölen “Müzik Beğenisinde Kültürel Etki” adlı projenin bir parçasıdır. Böyle bir projenin bünyesinde yüksek lisans tezimi yapmama olanak sağladığı ve tüm yardımları için öncelikle danışmanım Prof. Dr. Fırat Kutluk’a sonsuz teşekkür borçluyum. Çalışmanın gerçekleşmesinde eşsiz emekleri olan Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Cem Çallı’ya, Biyoistatistik Anabilim Dalı öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Timur Köse’ye ve Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Teknisyeni Canan Okur’a da tüm yardımları için teşekkürlerimi sunuyorum. Çalışmada kullanılan oda modellemelerini bize sağlayan ve bu anlamda çalışmada kilit rol oynayan Konca Saher’e ayrıca teşekkür etmek istiyorum. Çalışmam süresinde bilgi ve desteğini esirgemeyen değerli hocalarım Öğr. Gör. Dr. Feridun Öziş, Öğr. Gör. Alp Varol’a, yüksek lisans ders aşamasındaki hocalarım Prof. Dr. Yetkin Özer, Doç. Dr. Ayhan Erol, Yrd. Doç. Dr. İbrahim Yavuz Yükselsin’e, bölüm hocalarım Prof. Turgut Aldemir, Öğr. Gör. Dr. Cihan Işıkhan, Öğr. Gör. Dr. Levent Ergun, Öğr. Gör. Dr. Elif Tekin Gürgen’e de teşekkür ederim. 2002 senesinden itibaren pek çok ortamda çalışma arkadaşım olan Arş. Gör. Aykut Barış Çerezcioğlu’na, tezimi sabırla okuyan ve bana her zaman destek olan dostum Arş. Gör. Ozan Alakavuklar’a ve hayatım boyunca desteklerini hep hissettiğim aileme ayrıca teşekkür ediyorum.

Suat VERGİLİ

İÇİNDEKİLER

YANSIŞIM SÜRESİ FARKLILIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: fMRI ÇALIŞMASI

	<u>Sayfa</u>
YEMİN METNİ	ii
TUTANAK	iii
YÖK DOKÜMANTASYON MERKEZİ TEZ VERİ FORMU	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİL LİSTESİ	xii
TABLO LİSTESİ	xiii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM:

NÖROLOJİ ALANINDA MÜZİK VE AKUSTİK ÇALIŞMALARI

1.1. Nörobilim ve Müzik Araştırmalarında Kullanılan Tarama Yöntemleri ...	2
1.2. Nörobilim ve Müzik Çalışmaları	3
1.3. Nörobilim ve Akustik Çalışmaları	7

2. BÖLÜM:

YANSIŞIM (REVERBERATION) FENOMENİ ve YANSIŞIM SÜRESİ

2.1. Yansışım (Reverberation) ve Sabine'in Çalışmaları	9
2.2. Kapalı Hacimlerde Sesin Davranışı ve Yansımalar	10
2.3. Yansışım Süresinde Hacim ve Emicilik Oranı Etkisi	12

3.BÖLÜM

ODEON YAZILIMININ İNCELEMESİ

3.1. Mimari Akustik Yazılımları & Odeon	16
3.2. Akustik Simulasyonda Kullanılan Yöntemler	17
3.2.1. Işın İzleme (Ray Tracing) Yöntemi	17
3.2.2. İmge Kaynak (Image Source) Yöntemi	19
3.2.3. Hybrid Yöntem	20
3.3. Odeon Yazılımında Oda Modelleme	21

4. BÖLÜM

DENEY

4.1. Deneyde Kullanılan Odaların Modellenmesi	24
4.2. fMRI Deneyi	27
SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	38
KAYNAKÇA	39
ÖZGEÇMİŞ	42

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Direkt ses, Erken ve Geç yansımalar	11
Şekil 2. Direkt ses ve Yansımalı Ses Alanı	11
Şekil 3. Oda Yüzeylerindeki Yansımalar ve Enerji Değişimleri	13
Şekil 4. Jackson ve Leventhall Tarafından 50 Ev Üzerinde Yapılan Çalışma	15
Şekil 5. Ray Tracing Yöntemi, Aynasal ve Yayılan Yansımalar	18
Şekil 6. Odeon Yazılımında Tek Yansıma için Ray Tracing İşlemi	18
Şekil 7. İmge Kaynak (Image Source) Yöntemi	19
Şekil 8. Odeon Yazılımında Kaynak (P1) ve Alıcı (1) Noktaları Belirlenmiş Örnek Oda Modeli	21
Şekil 9. Odeon Materyal Atama Penceresi ve Materyal Kütüphanesi	22
Şekil 10. Odeon'da Hesaplamaları Yapılmış Bir Odanın Farklı Oktav Bantlarda Sönüm Eğrileri	23
Şekil 11. Odeon'un Alıcı Noktası için Yaptığı Hesaplamaların Dökümü	23
Şekil 12. fMRI Deneyi için Kullanılan Kulaklığa Göre Yapılan Equalizing	25
Şekil 13. Equalizing İşlemi Sonrası Örneklerin Frekans Cevapları	26
Şekil 14. Aktivasyonların "tek örnek t-test" Analizi Sonuçları ve Maksimum Noktaları	29
Şekil 15. Aktivasyonların Renk Kodlamaları ile Gösterimi	35
Şekil 16. Aktivasyonların 3 Boyutlu Gösterimi	37

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Farklı Kapalı Mekanların Yansıım Süresi İhtiyaçları	14
Tablo 2. Deney “tek örnek t-test” Analizi Sonuçları	28

GİRİŞ

Yansıım (reverberation), akustik biliminin üzerine kurulduğu en temel kriterlerdendir. 19. yzyılın sonlarından itibaren pek çok araştırmanın konusu olmuş bu akustik fenomenin kapalı bir alanda insanın mzyikten aldığı keyfi etkilediği aıktır. Konser salonu akustiği araştırmaları ile başlayan yansıım suresi ıalışmaları oditoryum akustiği, dinleme odası akustiği, prova odası akustiği, sınıf akustiği gibi pek çok alanda sdrdrmektedir.

Akustikte son ddnemde yapılan disiplinler arası ıalışmalar ıinde nroobilim destekli ydrtdlen ıalışmalar dne ııkmaktadır. Bu ıalışma alanı akustik bilimi aıısından yeni bir alan olduğundan yapılan ıalışmaların ıeşitliliği ve sayısı azdır. Akustik biliminin ortaya ııkışından itibaren amacı insanların kapalı bir alanda herhangi bir sesi dinlerken oluşturdukları dnel algı ve tanımlamalarına dlelebilir nesnel tanımlar getirmektir. Yansıım, bu algılardan sadece birisidir ancak akustik biliminin ilgilendiği her trlr parametrenin kapalı hacmin yzeylelerinden yansıyan sesler ve bu yansımaların davranışları ile ilişkili olması dolayısı ile en dnel parametredir. Yansıımın mzyikten alınan hazzı, mzyiğin ya da konuşmanın anlaşılrlığını ve mzyiğin tonal kalitesini etkileyen bir akustik fenomen olduğu aıktır. Bu fenomenin beyinde ve dzellikle de işitme bdlgelerimiz olan oditory korteksler'de nasıl bir karşılık bulduğu ise bu tezin konusunu belirlemektedir.

Bu doğrultuda tezin birinci bdlmnde nroobilim ve mzyik ıalışmaları, daha sonra akustik alanında yapılan sayılı nroobilim ıalışmaları incelenmiştir. İkinci bdlmde yansıım fenomeni ve bu akustik dzeiliğin literatrddeki yeri aktarılmıştır. Uırdncü bdlm mimari akustik yazılımlarından Odeon yazılımının ve bu yazılımın dzeiliklerinin tanıtıldığı bdlmdür. Ddrdncü bdlm ise tezde kullanılan odaların modellemeleri ve fMRI deneyinin aııklandığı bdlmdür. Son bdlm olan sonuı ve değerlendirmeler bdlmnde elde edilen veriler dzerinden ıalışmanın değerlendirmesi yapılmıştır.

BÖLÜM I

NÖROLOJİ ALANINDA MÜZİK VE AKUSTİK ÇALIŞMALARI

1.1. Nörobilim ve Müzik Araştırmalarında Kullanılan Tarama Yöntemleri:

Bilişsel nörobilim araştırmalarında kullanılan beyin tarama yöntemleri SPECT, PET, EEG, MEG ve fMRI yöntemleridir. SPECT (Single photon emission computed tomography) ve PET (Positron Emission Tomography) adı verilen yöntemler, damar içine bir radyoaktif izotop enjekte edilerek yapılan 3 boyutlu görüntülemelerdir. PET taramasında, aktivasyon olan bölgelerde kan akışının yoğunlaşması (beyinde bölgesel kan akışı - regional cerebral blood flow rCBF) ile artan pozitron yayılımı belirlenir ve bu aktivasyonların konumları tespit edilir.

EEG (Electroencephalography) taramasında ise elektrotlar aracılığı ile beyindeki elektrik alanlar ölçülür. MEG taraması da EEG'ye benzer ancak beyindeki elektriksel faaliyetler sonucu oluşan manyetik alanları ölçer. Bunların dışında uygulanan bir diğer yöntem ise "fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI)" denilen yöntemdir. fMRI taramasında beyinde değişen sinirsel aktivitelerin sebep olduğu sinyal değişiklikleri herhangi bir dış takip maddesi enjekte edilmeden tespit edilir. Sinirsel aktiviteler o bölgede kan akışında ve değişen oksijen tüketiminde değişimlere sebep olur. fMRI cihazı bu bölgelerdeki oksijen seviyelerindeki değişiklikleri tespit ederek yüksek çözünürlüklü görüntüler verir.

Güvenilirliği ve yan etkilerinin olmaması sebebiyle avantajlı bir yöntem olmasına karşın fMRI taramasının müzik çalışmaları açısından dezavantaj sayılabilecek kimi tarafları vardır. İlki fMRI cihazlarının çok kuvvetli manyetik alanları yüzünden metal herhangi bir maddenin ve dolayısı ile elektronik cihazların içeriye alınmamasıdır. Bu yüzden katılımcılara dinletilen ses örneklerinin MR cihazları ile uyumlu çalışan ve bünyesinde herhangi bir metal bileşeni olmayan kulaklıklar ile dinletilmesi gerekmektedir. Özellikle müzik teknolojisi ile ilişkili çalışmalarda, ses kalitesinin önemli olduğu dinleme testlerinin, modifiye edilmiş kulaklıklarla ve kulaklığın verdiği frekans cevabına göre tonlaması yapılmış örneklerle yapılması gerekmektedir. MR taramaları ile ilgili ikinci bir dezavantaj ise cihazın tarama esnasında ürettiği ve kimi zaman 120dB SPL'e kadar yükselen

gürültüdür (Limb, 2006). Bu da kullanılan kulaklığın ses geçirgenliği ne kadar düşük olursa olsun dinleme esnasında sorun yaratmaktadır.

1.2. Nörobilim ve Müzik Araştırmaları:

Müzik ile ilgili nörogörüntüleme destekli çalışmalar, müzik algısı, müzik beğenisi araştırmaları, müzisyen olan ve olmayanlarda ne gibi sinirsel aktivasyonlar olduğu, çalgı tını analizleri gibi geniş bir araştırma alanını kapsar. Müzik algısının sinirsel karşılıkları ile ilgili yapılan bir çalışmada Herchl's Girus adı verilen bölgenin müzik yeteneği ve müziğe yatkınlıkta etkin olduğu, Broca alanının perdelerin tonal algısını sağladığı, Planum Temporale bölgesinin “kesin kulak” fenomeni ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Limb, 2006). Takashi'nin, müzisyenlerde müzik algısını araştırdığı çalışmasında ise müzisyen olanlar ve olmayanlar arasında farklı beyin kürelerinin baskın oldukları ortaya konmuştur. Müzisyen olan dinleyicilerde pasif müzik dinleme esnasında sol baskın aktivasyonlar görülürken müzisyen olmayanlarda sağ küredeki işitsel bölgelerin baskın oldukları görülmüştür (Ohnishi vd., 2001). Müzik algısı ile ilgili bir başka çalışma Satoh'un yaptığı PET çalışmasıdır. Satoh çalışmasında müzisyen olmayan katılımcılar ile temporal lopların ön kısımlarındaki aktivasyonları incelemiştir. Çalışmada katılımcılara bir piyano eşliği, bir solo (soprano) partı ayrı ayrı dinletilmiştir. Eşliği dinlerken katılımcıların cingulate girus ve serebellum bölgelerinin aktive olduğu, soprano partını dinlerken ise bilateral superior parietal lobuller ve sağ precuneus bölümlerinin aktive olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma grubunun vardığı sonuç ezgi ve akorların algısında, bilateral temporal lopun ön kısımlarının etkin rol oynadığıdır (Satoh vd., 2003).

Müzik dinleme ile ilgili yapılan çalışmalar dışında profesyonel müzisyenler üzerinde performansla dair çalışmalar da yapılmaktadır. 12 konservatuar öğrencisi ile yapılan bir piyano performansı çalışmasında katılımcılardan Bartok'un kısa piyano parçalarından oluşan “Mikrokosmos” eserinden bir parça seslendirmeleri istenmiştir. MRI cihazını etkilememesi için tüm elektronik devreleri çıkartılmış bir MIDI klavye ile yapılan bu çalışmada aynalarla kurulan özel bir düzenek aracılığı ile MRI cihazının içerisindeki deneğe parçaların notaları gösterilmiştir. Deney iki konum gözetilerek yapılmış, birinci konumda katılımcılar sağ elleri ile ezgiyi çalmış ikinci

konumda ise notaları okuyarak parçayı çaldıklarını hayal etmeleri istenmiştir. Çalışmanın sonucu, hem performansta hem hayal etmede motor ve visuomotor aktivasyonların ve nota okuma ile ilgili bir ağın varlığını göstermiştir. Ancak performans sırasında hayal etmeye oranla çok daha fazla aktivasyon tespit edilmiştir (Meister, 2003). Müzikal performans üzerine yapılan çalışmalarda çalım haricinde çalıcının verdiği nüanslar ve çalımda gösterdiği hüneler de incelenmiştir. Örneğin Chopin'in Opus 10 Mi Major 3 No'lu etüdünü deneyimli bir piyanistin seslendirdiği ve aynı parçayı bilgisayar yazılımının seslendirdiği iki kayıt arasındaki farklılıklar araştırılmış ve belirgin farklar gözlenmiştir. Nüanslı çalımın duygu, dikkat ve konuşma algısı ile ilişkilendirilen bölgelerde daha yoğun aktivasyon yarattığı, mekanik çalımın ise motor ve sıralama görevleri ile ilişkilendirilen alanlarda daha yoğun aktivasyona sebep olduğu gözlemlenmiştir (Nair vd., 2002). Çalgı ve insan sesinin tını analizi de fMRI yardımcı müzik çalışmalarının önemli bir parçasıdır. 10 sağlıklı, sağ el kullanan ve en az 5 yıl akademik müzik eğitimi almış katılımcı üzerinde yapılan bir çalışmada her biri bir buçuk saniyelik 8 çalgı sesi dinletilmiş ve bununla beraber hayal edilen duyusal uyarıcılar içeren bir test daha yapılmıştır. Buna göre her katılımcı 5 aşamalı bir tarama işleminden geçirilmiştir. Bu aşamaların sırası sessizlik, gürültü, görsel hayal, algılama ve tını hayali şeklindedir. Sessizlik aşamasında ayna yardımı ile görüntüsü içeriye ulaştırılan ekranın ortasında bir sıra X harfi gösterilmiş ve katılımcılardan harfleri gördükleri anda bir düğmeye basmaları istenmiştir. Bu sayede katılımcıların görsel uyarıcı ve motor yanıtları kontrol edilmiştir. Gürültü aşamasında katılımcılara X harfleri ile beraber anlık bir gürültü dinletilmiş ve bunları algıladıkları anda düğmeye basmaları istenmiştir. Böylece katılımcılar işitsel uyarılar için de kontrol edilmiştir. Görsel hayal aşamasında çalgı isimlerine benzetilmiş kelimelerin bulunduğu listeden bir tane kelime, ve çalgı isimleri listesinden benzetme yapılan çalgının gerçek adı olacak şekilde iki tane uyarıcı seçilmiştir. Örneğin flüt çalgısı ile birlikte Türkçede sopa anlamına gelen "stick" kelimesi gösterilmiştir. Katılımcılardan bu iki uyarıcının şekillerini hayal etmeleri ve bu şekillerin benzerliklerini birden beşe kadar not vererek değerlendirmeleri istenmiştir. Bu kontrol görevi ile dinlenen çalgının şeklinin de insanın zihninde oluşabileceği savı göz önünde tutularak aktivasyonların kontrol edilebilmesini sağlamak ve gerektiğinde tını analizi sırasında yapılan çekimlerden bu çekimlerde elde edilen aktivasyonları çıkartarak sadece işitsel aktivasyonları ayırtmak amaçlanmıştır. Algılama aşamasında çalgının hem sesi

dinletilmiş hem de ekranda adı gösterilmiştir. Tını hayali aşamasında ise sadece çalgının adı gösterilmiş, herhangi bir işitsel uyarıcı verilmemiştir. Katılımcılardan adını gördükleri çalgının tınısını hayal etmeleri istenmiştir. Çalışmanın sonunda algılanan ve hayal edilen uyarılar için yapılan değerlendirmeler benzer çıkmış, tını algısı ve hayalinin benzer bilişsel karşılıkları olduğu ileri sürülmüştür (Halpern vd., 2003). Çalgı performansı ile ilgili ilginç bir çalışma da Hasegawa'nın çalışmasıdır. Hasegawa ve ekibi bu çalışmayı yedisi daha önceden piyano eğitimi almamış katılımcı, on az eğitilmiş, dokuz da tecrübeli katılımcı olmak üzere toplam 26 kişi ile yapmışlardır. Katılımcılara bilinen ve bilinmeyen parçalar ile rastgele sıralı sesler çalan bir icracının el hareketleri izletilmiş ve fMRI taramaları aracılığı ile, dudak okumada olduğu gibi görsel ve işitsel bilgileri bütünleyici özelliği ile bilinen planum temporale bölgeleri gözlenmiştir. Eğitilmiş katılımcılarda bilinen, bilinmeyen ve rastgele seslerle çalınan parçaların tümünde planum temporale bölgesinde eşit olarak aktivasyon gözlemlenmiş, az eğitilmiş ve eğitimsiz gruplarda ise herhangi bir aktivasyon görülmemiştir (Hasegawa vd., 2004). Bir diğer performans çalışması ise kemancılarla yapılmıştır. Profesyonel ve amatör keman çalıcıları ile yapılan bu EMG çalışmasında katılımcılardan Mozart'ın G majör keman konçertosunun ilk 16 ölçüsünü çalmaları ve sonra hayal etmeleri istenmiştir. Sonuç profesyonel müzisyenlerin EMG sinyal gürlüklerinin amatör müzisyenlere oranla daha fazla olduğu ve contralateral primary sensorimotor korteks, bilateral superior parietal loblar ve ipsilateral anterior serebellar hemisfer'de aktivasyonların yoğun olduğudur. Çalışma esnasında profesyonel müzisyenlerde görülen sağ primer oditor korteks aktivasyonları profesyonel çalıcıların audio-motor ilişkili bağlantıları yani hareket ve duyuma bağlı bağlantıları daha güçlü kurabildiği sonucunu verebilir. Bu audio-motor bağlantılara hayal etme aşamasında her iki grupta da rastlanmamıştır. Bu motor ve işitsel sistemlerin çalışmada birbirlerini tetikleyerek aktive olduklarını göstermektedir (Lotze vd., 2003).

Fonksiyonel MRI taramalarına başvuru alan bir diğer önemli çalışma alanı ise müzik beğenisi üzerine yapılan çalışmalardır. Beğenilen ve beğenilmeyen müziklerin ne gibi aktivasyonlar oluşturduğu ve bu müziklerin duygularımızı nasıl tetiklediği bu çalışmaların ana konusudur. Beğenilmeyen müziklerin olumsuz durumlarda aktivasyon gösterdiği bilinen amygdala, hipokampus, temporal kutuplar ve parahippocampal girus gibi bölgeleri tetiklediği, beğenilen müziklerin ise frontal

gyrus, anterior superior insula, ventral striatum, Heschl Gyrus ve Rolandic Operculum'da aktivasyonlar gösterdiği tespit edilmiştir (Koelsch vd., 2006). Beğeni üzerine yapılan çalışmalardan birisi Blood'ın PET çalışmasıdır. Çalışmada amatör müzik eğitimi dışında müzik eğitimi almamış 5 erkek 5 kadın katılımcı kullanılmıştır. Deney için deneye özel olarak bestelenen bir ezgi kullanılmış, ezgi aynı kalacak şekilde örneklerde artan disonans özelliklere sahip farklı armonik yapılar oluşturulmuştur. Ezginin bu deney için özel olarak bestelenmesinin sebebi var olan parçalarla katılımcıların kurmuş olabileceği duygusal bağlantıları ve aşinalıkları dışarıda bırakmaktır. Kullanılan uyaran sayısı 6 ezgi ve kontrol uyarını olarak kullanılmak için kullanılan 1 gürültü olmak üzere 7 adettir. Katılımcılardan bu dinledikleri ezgileri güzel ya da kötü olarak notlandırmaları istenmiştir. Deneyin sonucu beyinde müzikte seslerin uyumu ile ilişkilenen paralimbik ve neokortikal bölgelerin aynı zamanda müziğe verilen duygusal tepkiler için de sinirsel bir taban oluşturduğu yönündedir. Çıkan bir diğer sonuç da müzik beğenisi ve müzik algısının beyinde farklı bölgelerde aktivasyonlar gösterdiğidir (Blood vd., 1999).

Müzik beğenisi ve nörobilim araştırmalarında son dönemlerde etnomüzikoloji ile ortak çalışmalar dikkat çekicidir. Müzik beğenisinde kültürel etkenlerin varlığını da göz önünde tutan çalışmalardan birisi Karşıcı'nın çalışmasıdır. 13 erkek 11 bayan toplam 24 katılımcıyla gerçekleştirilen deneyde Katılımcılara 4 farklı türde müzik dinletilmiştir. Klasik, rock, arabesk ve yöresel türlerden seçilen bu 4 örnek katılımcılara dinletilmiş ve fMRI taraması ile katılımcıların müzikleri dinlerken verdikleri sinirsel tepkiler incelenmiştir. Yapılan beyin taramasının ardından da tüm katılımcılarla görüşmeler yapılmış ve hangi örnekleri beğendikleri, hangi örnekleri beğenmedikleri sorulmuştur. Daha sonra beğenme ve beğenmeme ile ilgili verdikleri yanıtlar taramalar ile karşılaştırılarak tercihlerinde etkili olabilecek kültürel etkileşimler araştırılmıştır. Çalışma sonucunda katılımcıların kültürel birikimlerinin müzik beğenileri üzerine yaptıkları yorumlarda doğrudan etkili olduğu görülmüştür (Karşıcı, 2007). Müzik beğenisinde kültürel etkileşimler ile ilgili son dönem yapılan çalışmalardan birisi de Gedik'in çalışmasıdır. Çalışmada müzik beğenisi odaklı yapılan beyin taramalarının katılımcılarla yapılan görüşmeler sonucu elde edilen kültürel verilerle uyuşup uyuşmadığı incelenmiştir. Katılımcılardan en sevdikleri ve en sevmedikleri iki parçayı seçmeleri istenmiş ve bu parçalar fMRI deneyi ile dinletilmiştir. Daha sonra

elde edilen taramaların sonuçları yazında beğeni ile ilişkilendirilen bölgelerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda beğenilen müziklerde aktive olan bölgelerle beğenilmeyen müziklerde aktive olan bölgelerin yazın ile uyumlu olduğu görülmüştür. Katılımcıların dinledikleri müzikler ile kimlikleri arasındaki kültürel ilişkilerin de bu taramaları benzer şekilde etkilediği görülmüştür (Gedik, 2007).

1.3. Nörobilim ve Akustik Çalışmaları:

Akustik ve uzaysal algının nörolojik karşılıkları ile ilgili çalışmalarda Ando'nun EEG taraması kullanarak yaptığı çalışmalar öne çıkar. Ando, ses alanlarının geçici etkenlerinden olan, direkt ses ile ilk yansıyan ses arasındaki zaman farkı olarak tanımlanan ITD (initial time delay gap) ve takip eden yansıma süresinin (subsequent reverberation time) beynin sol yarımküresi ile ilişkisi olduğunu söyler. Uzaysal etkenler olan, insanın iki kulağına gelen sesteki farklılığın ölçümü olan IACC (interaural cross correlation) ve dinleme seviyesi ise beynin sağ yarımküresi ile ilişkilidir (Ando, 2003). Zatorre ve Belin de yaptıkları çalışmalar ile beynin sol ve sağ yarımküreleri arasındaki akustik ile ilişkili algı farklılıklarını sınıflandırır. Sol yarımküre zamansal ve sıralı tanımlamalarla özdeşleşirken, sağ yarımküre uzaysal tanımlamalarla ilişkilidir (Ando, 2003).

Benzer bir çalışmada, Ando, Chen ve Nishio, mimari akustikte önemli olan, dinleme seviyesi (Listening Level – LL) , ilk zaman gecikmesi (Initial Time Delay Gap - Δt_I), yansıma süresi (Subsequent reverberation time - T_{sub}) ve IACC (Interaural Cross Correlation) büyüklüğü olarak bilinen 4 fiziksel parametrenin ses alanlarının önemli akustik özellikleri olduğunu belirtirler. Bu özellikleri zamansal (temporal) ve uzaysal (spatial) faktörler olarak ayırır. Daha sonra yaptıkları EEG taraması ile bu özelliklerin beyinde nasıl bir değişiklik yarattığını gözlemler. Bu çalışmalardan çıkan sonuç Δt_I ve T_{sub} zamansal faktörlerinin beynin sol yarımküresinde, IACC uzaysal faktörünün ise sağ yarımküresinde yoğun olduğudur (Soeka, Nakagawa, Tonoike, 2002).

Kobe Üniversitesi'nde MEG taramaları ile yapılan bir başka akustik çalışmada ise araştırmacılar ses alanlarına dair dinleyicilerin öznel tercihlerini incelemişlerdir. Deneyde 23 – 25 yaş arası işitme problemi olmayan sekiz katılımcı

kullanılmıştır. Katılımcılar ses geçirmez bir odaya alınmış ve kulaklarına bir boru aracılığı ile 70 db'de sabitlenmiş binaural bir sinyal yollanmıştır. Sinyal "piano" kelimesidir. Bu sinyal ile beraber 0, 5, 20, 60 ve 100 ms ITD gecikmeleri olan ilk yansıması aynı gürlükte olacak şekilde kaynak sinyale eklenmiştir. Daha sonra elde edilen 5 farklı sinyal 2'şerli 10 çift haline getirilerek katılımcılara dinletilmiştir. Katılımcılardan gözlerini kapatarak tamamen konuşma sesine odaklanmaları istenmiş ve dinletilen sinyal çifti içerisinde tercih ettikleri sinyali iki butondan birisine basarak belirtmeleri istenmiştir. Deney sonunda konuşma sesinde ses alanının uzaysal faktörleri olan dinleme seviyesi (LL), Interaural Cross Correlation (IACC) değişimlerinin beynin sağ yarımküresinde etkin olduğunu; ses alanının zamansal özelliklerinden olan ilk zaman gecikmesi (ITD) Δt_I değerinin değişiminin ise sol yarımkürede etkin olduğunu göstermiştir (Soeka, Nakagawa, Tonoike, 2002).

BÖLÜM II

YANSIŞIM (REVERBERATION) KAVRAMI ve YANSIŞIM SÜRESİ

2.1. Yansışım (Reverberation) ve Sabine'in Çalışmaları:

Yansışımın akustik literatürüne girişi 19. Yüzyıl'ın sonlarında Wallace Clement Sabine'in yaptığı ampirik deneyler ile başlar. Sabine bu deneyler ile emiciliğin yansışım üzerinde yarattığı etkiyi ölçmeyi amaçlamıştır. Deneyleri için taşınabilir bir org ve orgun borularından çıkan sesin süresini hesaplayabileceği bir saat kullanmıştır. Orgdan ürettiği sesin yansışımını, ses kesildikten sonra duyulamayacak noktaya gelene kadar takip etmiş ve saati ile aradan geçen süreyi hesaplamıştır. Hesaplamaları esnasında oda yüzeylerine birbirleri ile orantılı olacak şekilde minder ekleyip çıkartarak odanın emiciliği üzerinde değişiklikler yapmış ve kabaca şu formülü elde etmiştir (Everest 2000: 159):

$$RT_{60} = \frac{0,161V}{Sa} \quad \text{Formül 1. Sabine Eşitliği}$$

Formülde;

RT_{60} = Yansışım Süresi, sesin 60 dB sönümlenmesi için geçen zaman,

V = Oda hacmi,

S = Oda yüzeylerinin alanı,

α = Odanın ortalama emicilik katsayısı,

$S\alpha$ = Odanın "Sabine" cinsinden toplam emiciliğidir.

Yansışım süresi (RT), kaynağın durdurulmasından sonra sesin 60dB sönmesi için gereken zaman olarak tanımlanır ve kimi zaman yansışımın ilk 10dB'lik sönümünü tanımlayan "erken sönüm zamanı" (early decay time – EDT) olarak da karşımıza çıkar. Yansışım, bir odada bulunma hissini oluşmasında ve kaynaktan olan uzaklığın algılanmasında etkilidir. Frekans'ın bir fonksiyonu olan yansışım süresi uzun yıllar boyunca oda akustiği kalitesinin karakterize edilmesindeki tek parametre olarak görülmüştür. Ancak var olan salonlarda yapılan ölçümlerde zaman içerisinde görülmüştür ki, aynı yansışım süresine sahip salonlar da akustik anlamda

farklı olabilmektedirler. Bu yüzden var olana ek ve bütünleyici akustik kriterlere ihtiyaç olduğu görülmüştür (Abdou, 1994).

Günümüzde, RT özellikle geniş yansımaları alanlar başta olmak üzere kapalı mekanların akustik kalitesinin ölçülmesinde daha çok kaba bir amaç olarak kabul edilmektedir. Ancak, hala odanın ortalama akustik özellikleri açısından kullanışlı bir gösterge ve bunun yanında odada kullanılan materyallerin emicilik karakteristikleri ve oda geometrisinden kolayca kestirilebilecek bir değerdir. Ayrıca kapalı bir mekanın genel akustik karakterinin tespitinde uygun bir niceliktir (Abdou, 1994).

2.2. Kapalı Hacimlerde Sesin Davranışı ve Yansımalar:

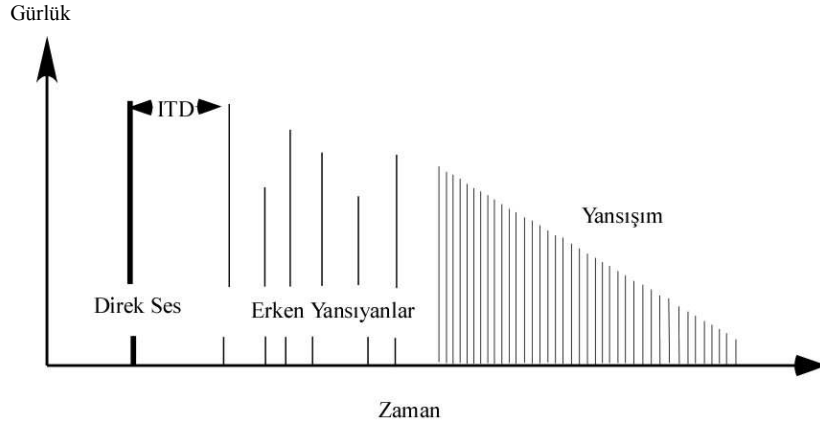
Yansıma kavramını anlamak için öncelikle kapalı bir hacimde sesin nasıl davrandığını anlamak gerekir. Kapalı hacimlerde tınlatılan sesler iki farklı şekilde dinleyiciye ulaşırlar. Bunlar direkt ses ve yansıyan seslerdir.

Direkt ses, ses kaynağından çıkan ve doğrudan dinleyiciye ulaşan sestir. Oda akustiğinin etkisini taşımadığı için kaynağa dair kimi ipuçlarını bozulmadan dinleyiciye taşır. Bu yüzden yüksek seviyede bir direkt ses temiz bir ses ve anlaşılabilirlik için önemlidir (Howard, Angus 2006: 263). Yönel kodlama açısından değerlendirildiğinde direkt sesin ayrıca önemi vardır. Direkt sesin kulağa ulaşması, sesin hangi noktadan geldiğiyle ilgili çok önemli bir işitsel duyarlılık sağlar (Öziş, Vergili 2008: 9).

Yansıyan sesler ise, direkt sesi takip eden ve oda yüzeylerinden yansıyan seslerdir. Bu yansımalar oda yüzeylerinin akustik özellikleri ile doğrudan ilişkili oldukları için odanın akustik kalitesinde belirleyicidirler. Yansımalar erken yansımalar ve geç yansımalar olarak incelenir.

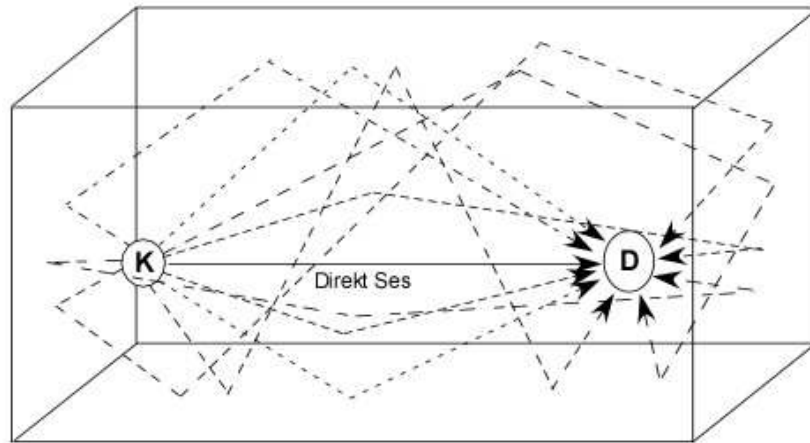
Erken yansımalar direkt sesteki ilk zaman boşluğu (Initial time delay gap - ITD) olarak tanımlanan süreden sonra dinleyici noktasına ulaşan ilk yansımalarıdır. Bu yansımaların enerjisi dinleyici noktasına uzaklıkları ve yansımanın olduğu yüzeyin emiciliği ile doğrudan ilişkilidir. Erken yansımaların fazla olması durumu algılanan ses üzerindeki anlaşılabilirliğin azalmasına ve müzikte istenmeyen tınısal

değişikliklere sebep olacaktır (Howard, Angus 2006: 264). Direkt ses, ITD zamanı ve erken yansımalar şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Direkt ses, Erken ve Geç yansımalar (Ozis, Vergili 2008)

Şekil 1’de yansışım olarak gösterilen kısım ise geç yansımaların sonucudur. Geç yansımaların hissedilebilmesi için sesin oda yüzeylerinde defalarca yansıması ve bu yansımaların dinleyiciye her yönden ulaşması gerekir. Mümkün olan birçok yansıma yolu olduğu ve her bağımsız yansıma arasındaki zaman farkı çok az olduğu için dinleyiciye yoğun bir yansımalar bütünü ulaşır. Sesin bu bölümüne yansışım (reverberation) denir ve müziğe kattığı zenginlik ve destek sebebi ile istenilen bir akustik özelliktir (Howard, Angus 2006: 268).



Şekil 2. Direkt ses ve Yansışımli Ses Alanı (Howard, Angus, 2006)

Bir odadaki yansımaların geçici dağılımlarının grafik olarak ifadesi dürtü (impulse) diyagramları ile gösterilir. Dürtü diyagramında dikey eksen ses seviyesini yatay eksen ise dürtülerin varış zamanlarını gösterir. Her bir dürtü ses seviyesinde zaman geçtikçe kademeli bir düşüşü gösterir şekilde, kendinden öncekine göre daha düşük bir seviyede gelmektedir. Bu aşamalı düşüş iki faktörün sonucudur:

- (i) daha yüksek sıralı imgeler daha düşük güce sahiptir,
- (ii) bunlar kaynaktan daha uzaktadırlar.

Bir oda içerisinde dürtüler o kadar çok ve o kadar birbirine yakın aralıktadırlar ki dinleyici bunları birbirinden ayrı sesler olarak algılayamaz. Algılanan şey sesin uzuyormuş gibi hissedilmesine sebep olan yansışımıdır. Pratikte bir odadaki ses basınç seviyesinin sönümü dürtü diyagramı üzerinde barlar şeklinde değil, kesintisiz bir çizgi ile gösterilir. Bu çizginin eğimi sönümün oranını verir, yani eğim ne kadar yüksek ise ses o kadar çabuk söner (Mehta, Johnson, Rocaford 1999). Sönüm eğrisi olarak tanımlanan bu çizgiler bir odada sesin nasıl yok olduğunu tanımlayan bir enerji eğrileridir (Özgür, Öziş, Alpkoçak 2004). Mimari akustikte odanın akustik özellikleri açısından önemli bir gösterge olan sönüm eğrilerinin hesaplanması için şu formül kullanılır.

$$E(t) = \int_t^{\infty} p^2(t) dt$$

Formül 2. Sönüm eğrisinin hesaplanması
(ISO 3382)

Formülde;

$E(t)$ – Sönüm eğrisi,

p – Odanın dürtü yanıtı,

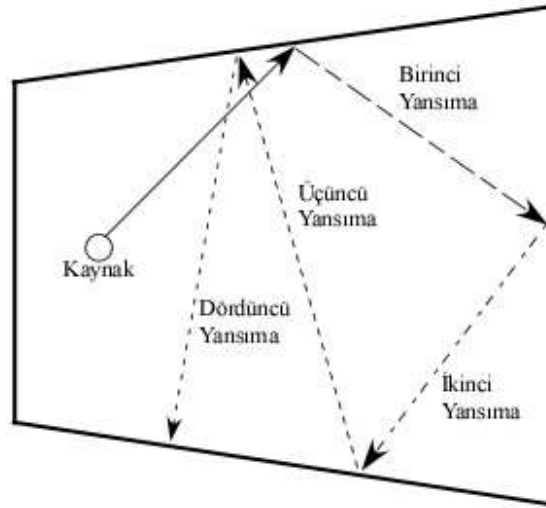
t – zamandır.

2.3. Yansışım süresinde hacim ve emicilik oranı etkisi:

Mekanların yansışım sürelerini belirleyen temel parametre ise mekanın hacmi ve emicilik miktarıdır. Küçük hacimli bir odada, erken ve geç yansımalar arası zamanın düşük olması sebebi ile yansışımın oluşması ve sönümü büyük hacimli bir odaya göre daha kısa bir sürede olacaktır. Büyük hacimli odalarda ise

yansımanın oluşması için gereken yansımalar arası süre uzundur. Bu da daha fazla yansıma etkisi anlamına gelmektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda yansıma ve hacim ilişkisinin doğru orantılı bir ilişki olduğu sonucu çıkar. Ancak günümüzde büyük hacimli odalar da kullanılan malzemelerin emiciliklerinin artırılması ile küçük hacimli odalara denk yansıma karakteristikleri elde edilebilmektedir. Küçük hacimli odalarda da elektronik yansıma artırıcı sistemler ile daha yüksek yansıma sürelerine ulaşılabilmektedir.

Yansıma zamanının oda hacmi ve yüzey emiciliklerinden doğrudan etkilendiğinden bahsetmiştik. Ses, üretilir üretilmez boşlukta çeşitli yönlerde ilerleyerek oda yüzeylerine ulaşır ve bu yüzeylerden yansır ve defalarca yeniden yansır. Her bir yansımada ses, enerjisinin bir kısmını yüzeyin emiciliği ile orantılı olarak kaybeder ve en sonunda söner. Yani bir sesin kesildikten sonra hala sürmesi durumu odadaki emicilik miktarına bağlıdır. Şekilde kaynaktan çıkan sesin oda yüzeylerindeki yansımaları ve bu yansımaların enerji değişimleri görülmektedir (Mehta, Johnson, Rocaford 1999).



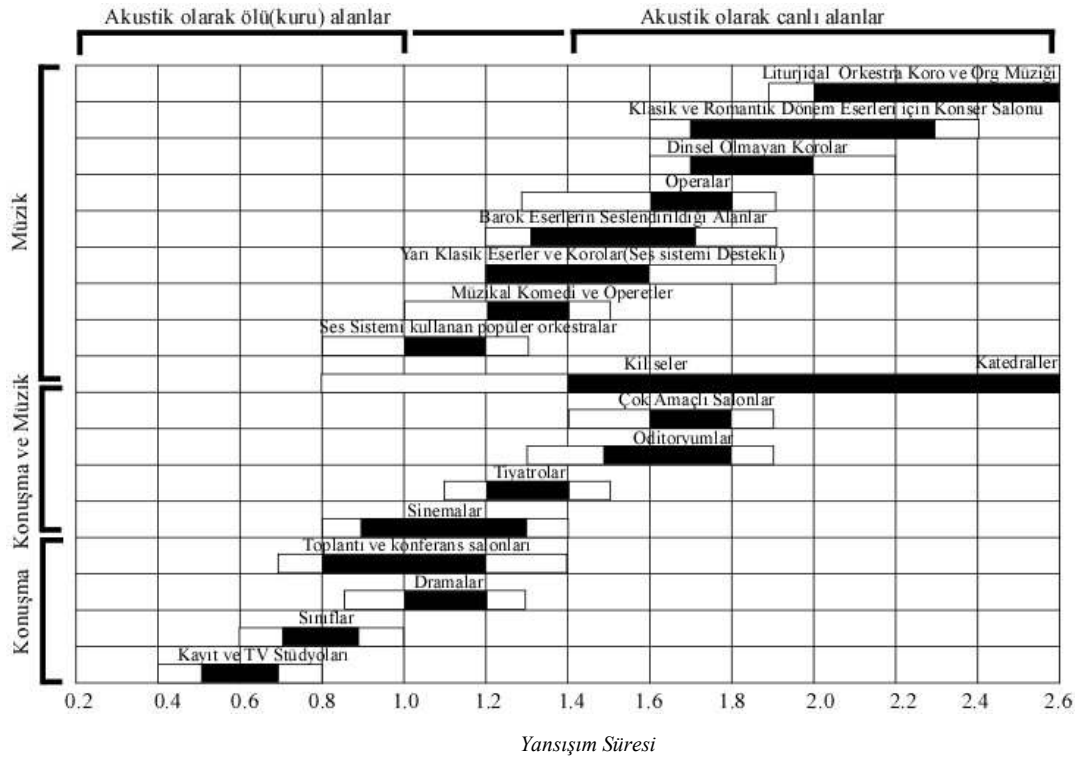
Şekil 3. Oda Yüzeylerindeki Yansımalar ve Enerji Değişimleri (Maden, 1999)

Dinleyicinin duyduğu ses, direkt kulağa gelen sesle oda yüzeylerinden yansıyan seslerin toplamı olduğundan yüksek emicilik miktarlarında duyulan sesin seviyesi azalacaktır. Bu nedenle tasarım aşamasında yansıma süresi, hacim ve

emicilik miktarı parametrelerinin birbirleriyle ilişkisinin doğru saptanması gerekmektedir (Öziş, Vergili 2008: 9).

Optimum yansıma süresi değerlerinin ifadesi için geliştirilmiş birkaç formül mevcuttur. Yapılan deneyler, optimum RT değerlerinin kapalı mekanın kullanım amacına, geometrisine, ses frekanslarına, kaynağın nasıl olduğuna ve müzikal performansın türüne bağlı olduğunu göstermiştir. Müzik dinleme zevkleri bireyden bireye değiştiğinden dolayı optimum RT değerleri genelde büyük bir dinleyici kitlesi tarafından kabul gören değerler ile tanımlanır. Mid frekanslardaki RT değerlerinin farklı müzikal aktiviteler için tercih edilen değerleri hakkında fikir verebilmek adına bir bar grafiği oluşturulmuştur (Abdou, 1994).

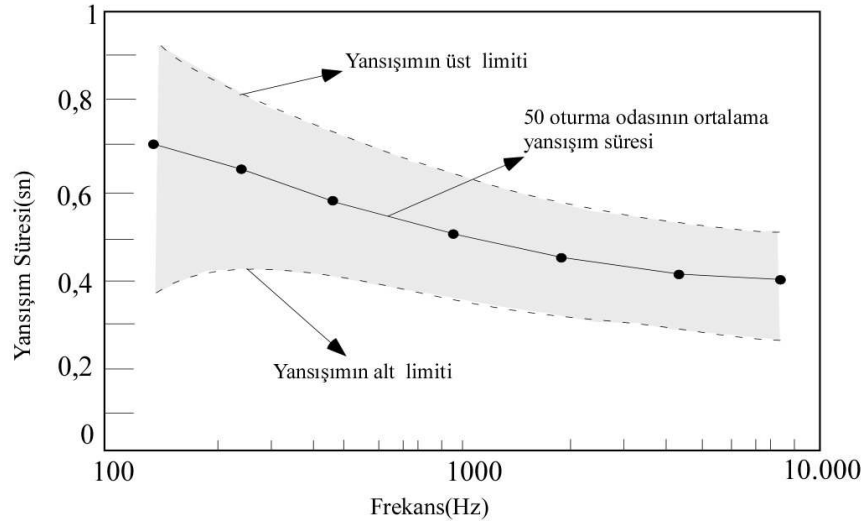
Tablo 1. Farklı Kapalı Mekanların Yansıma Süresi İhtiyaçları



(Abdou, 1994)

Yansıma süresi çalışmaları sadece seslendirme yapılan alanlarla sınırlı kalmamıştır. Kritik dinleme odalarının yansıma karakteristikleri konser salonlarında olduğu gibi önemli bir akustik değerlendirme ölçütüdür. Bu odaların akustik özellikleri ile ilgili çalışmaların ilki BBC tarafından yapılmıştır. 16 oturma odasında

yaptıkları ölçümler sonucunda 0.35 – 0.45 saniye arasında değişen yansıma zamanları belirlemişlerdir (Öziş, Vergili 2008: 13). Bu çalışmadan sonra Jackson ve Leventhall İngiltere'deki 50 oturma odasında oktav bantlar kullanarak yaptıkları akustik incelemeler ile ortalama 125 Hz de 0.7, 8 kHz ve üzerinde 0.4 saniye arasında değişen yansıma süreleri tespit ettiler (Everest 2000: 154 - 155).



Şekil 4. Jackson ve Leventhall Tarafından 50 Ev Üzerinde Yapılan Çalışma (Öziş, Vergili 2008: 13)

BÖLÜM III

ODEON YAZILIMININ İNCELEMESİ

3.1. Mimari Akustik Yazılımları ve Odeon:

Mimari akustikte en büyük problem yapılacak uygulamanın inşaat öncesinde nasıl sonuç vereceğinin ön görülebilmesidir. Çok ciddi harcamalarla yapılan akustik tasarım ve müdahalelerin sonuçlarının tasarım bitmeden önce bilinmesi akustik tasarımcısına proje daha inşaat aşamasına bile gelmeden önemli bir deney imkanı yaratır. Son yıllarda AutoCAD gibi mimari tasarım yazılımlarına benzeyen, tasarımcıya her türlü akustik parametreyi hesaplama ve çıktıları hem görsel hem de işitsel olarak alma imkanı sağlayan mimari akustik yazılımları geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlisi 1984 yılında Danimarka Teknik Üniversitesi bünyesinde geliştirilen ve 2001 senesinden beri profesyonel audio test ekipmanları üreten Bruel & Kjaer firması tarafından satışı gerçekleştirilen ODEON yazılımıdır.

ODEON yazılımı kapalı hacimlerin yüzey özellikleri ve geometrik şekillerine göre hesaplanabilir tüm akustik özelliklerini simule eder. Bu sayede inşaat aşamasında ya da var olan kapalı hacimlerde yapılacak akustik değişikliklerin öngörülmesini sağlar. Büyük hacimli mekanların, özellikle konser salonu, opera salonları, auditoriumlar, fabrika, havaalanları, yer altı istasyonları gibi endüstriyel alanların akustik özelliklerinin öngörülmesi için ideal bir yazılımdır. “Auditorium”, “Industrial” ve “Combined” olmak üzere 3 farklı sürümü olan yazılımın “Auditorium” versiyonu konser salonları, auditorium, tiyatro gibi alanlar için, “Industrial” versiyonu fabrika, havalimanı, istasyonlar vb. gürültünün çok yoğun olduğu endüstriyel alanlar için geliştirilmiştir. “Combined” sürüm ise yazılımın tüm özelliklerinin bir arada olduğu versiyondur. Yazılım kullanıcıya pek çok özellik sunmaktadır. Bu özellikler kabaca şu başlıklarla sıralanabilir:

- Oda modelleme,
- Kaynak ve alıcıların modellenmesi ve yerleşimi,
- Oda yüzeyleri için materyal seçimi,

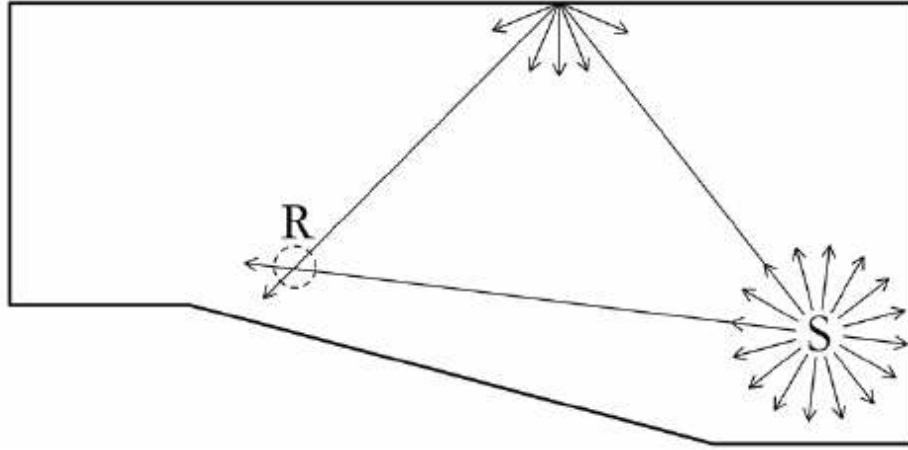
- Işın İzleme (Ray tracing) ve İmge Kaynak (image source) yöntemleri bir arada kullanılarak simule edilen odaya ait tüm akustik parametrelerin ISO3382 standartlarına göre hesaplamaları,
- Tasarlanan odanın 3 boyutlu gösterimi ve ses yayılım alanı ve tüm yansımaların görsel çıktıları,
- Simülasyonu yapılan odanın akustik özelliklerinin istenilen herhangi bir alıcı noktasında oluşturulan işitsel örneklerle tasarımcıya dinletilmesi.

3.2. Akustik Simulasyonda Kullanılan Yöntemler:

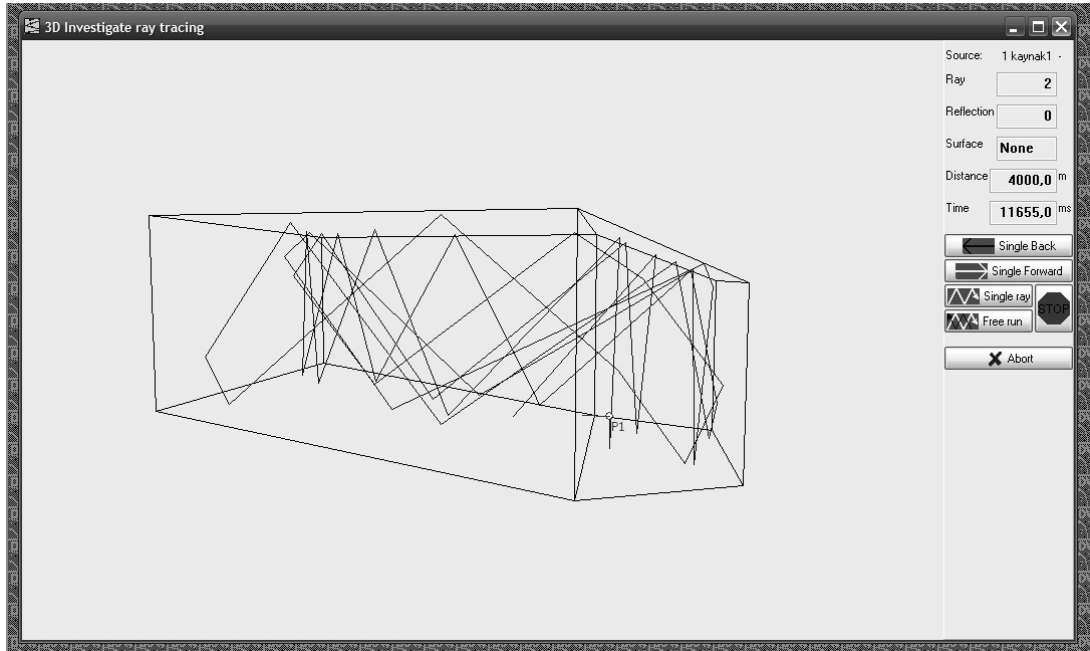
Mimari akustik yazılımlarının ortamdaki yansımaların simulasyonunu yapabilmek için başvurduğu çeşitli yöntemler vardır. ODEON bu yöntemlerden ışın izleme (ray tracing) ve imge kaynak (image source) yöntemlerini bir arada kullanmaktadır.

3.2.1. Işın İzleme (Ray Tracing) Yöntemi:

Işın İzleme (Ray Tracing) yöntemi, kaynak noktasından her yöne doğru yayılan çok sayıda ışını kullanır. Bu ışınlar modellenen oda içerisindeki yüzeylerden yansıtıkça enerjilerinin bir kısmını yansıtıkları yüzeye atanan malzemenin emiciliği ile orantılı olarak kaybederler (Rindell, 2000). Ses yüzeyden iki şekilde yansır. Bunlar aynasal (speküler) ve yayılan (diffuse) yansımalarıdır. Aynasal yansımalar, akustik biliminin faydalandığı ve optikte Snell yasalarında belirtilen kurallara göre yansır. Yani yüzeye çarptıkları açıyı koruyarak aynen ışığın aynadan yansıdığı gibi yansır. Yayılan yansımalarda yansımaların ne tarafa yöneleceği ise yüzeyin dağıtıcı (scattering) özelliklerine bağlıdır. Şekilde S kaynağından çıkan ışınların her yöne dağılımları ve çarptığı yüzeyden aynasal ve yayılan yansımaları görülmektedir.



Şekil 5. Ray Tracing Yöntemi, Aynasal ve Yayılan Yansımalar (Bradley, 2006)



Şekil 6. Odeon Yazılımında Tek Yansıma için Ray Tracing İşlemi (Kaynak: Odeon 9.11 Combined Demo Version)

Belirli bir kaynak noktası için sonuçları elde edebilmek için kaynak çevresinde bir alan ya da hacim tanımlanması gerekmektedir. Böylece ses ışınlarının yansıyabileceği bir yüzey yaratılmış olur. Ses ışınları t zamanında A yüzeyine ulaştıkları varsayıldığında oda içerisinde oluşması gereken minimum ışın sayısını hesaplamak için aşağıdaki formül elde edilmiş olur.

$$N \geq \frac{8 \pi c^2}{A} t^2$$

Formül 3. Işın Tarama yöntemi için gereken minimum ışın sayısı (Rindel, 2000)

Formülde değişkenler şu şekildedir;

N: Gereken minimum ışın sayısı,

c: Sesin havadaki hızı

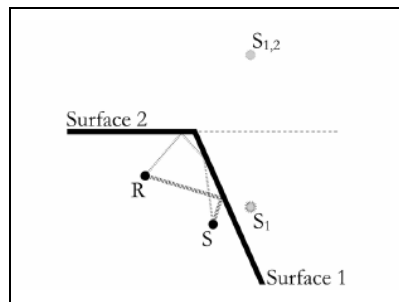
A: Yüzey Alanı

t: Zaman

Bu formüle göre tipik bir odanın hesaplamaları için çok fazla sayıda ışına ihtiyaç duyulacaktır. Örneğin 10 m² alan ve 600 ms'lik yayılım zamanı ile hesaplanan bir oda için minimum 100.000 ışın kullanılması gerekmektedir (Rindell, 2000). Bu formülün dezavantajı modelleme esnasında ne kadar büyük dahi olsa yansımaların miktarı için bir sınır konulmasıdır. Bu sınır oda içerisinde oluşabilecek yansımaların tümünün hesaplamaya dahil edilmemesi olasılığını da beraberinde getirmektedir.

3.2.2. İmge Kaynak (Image Source) Yöntemi:

İmge Kaynak yöntemi modeldeki her yüzeyi ardında kaynağın yansımalarını ya da başka bir deyişle imgelerini oluşturan aynalar olarak varsayar. Bu imgeler aracılığı ile ilk yansımalar ve her bir yansımanın imgeleri ile de takip eden ardıl yansımalar görülebilir. Ardıl yansımalar yansıdıkları yüzeylerin emicilik katsayıları ile orantılı olarak düşüş gösterirler. Bu düşüş yüksek sıralı imgelerin oluşumunda etkilidir.



Şekil 7. İmge Kaynak (Image Source) Yöntemi (Bradley, 2006)

Şekilde, S kaynağının ilk imgesi olan S1 alıcıya ulaşan ilk yansımayı, ilk yansımanın imgesi olan S1,2 ise ikinci yansımayı göstermektedir. Dikdörtgen şekilli bir odada bu imgelerin oluşturulması çok kolaydır ve gereken imge (dolayısı ile yansıma) sayısı için şöyle bir formül elde edilir.

$$N_{refl} = \frac{4 \pi c^3}{3V} t^3$$

Formül 4. İmge Kaynak yöntemi için gereken imge sayısı (Rindell, 2000)

Formüldeki değişkenler;

N_{refl} : Gereken imge sayısı,

c: Sesin havadaki hızı

V: Hacim,

t: Zaman.

İmge Kaynak yöntemi en verimli dikdörtgen şekilli odalarda kullanılır ve erken yansımaların enerjilerinin hesaplanmasında çok iyi bir yöntemdir. Ancak bu yöntem dikdörtgen olmayan odalar için ikinci ve daha sonraki yansımaların imgelerini hesaplarırken sorunlar yaratmaktadır. Bunun sebebi imge sayısının odadaki yüzey sayısı arttıkça katlanarak çoğalmasındır. Bu durum ışın tarama yöntemindeki sınırlı yansıma problemini ortadan kaldırıyor gibi görünse de imge kaynak yöntemi için farklı dezavantajları beraberinde getirmektedir. İlk problem sayısı giderek artan imgelerin çok uzun bir işlem zamanı yaratmasıdır. İkinci problem ise konser salonu gibi kompleks mimariye sahip kapalı alanlarda yüksek sıralı imgelerin sayıları arttıkça geçersiz hale gelmeleridir.

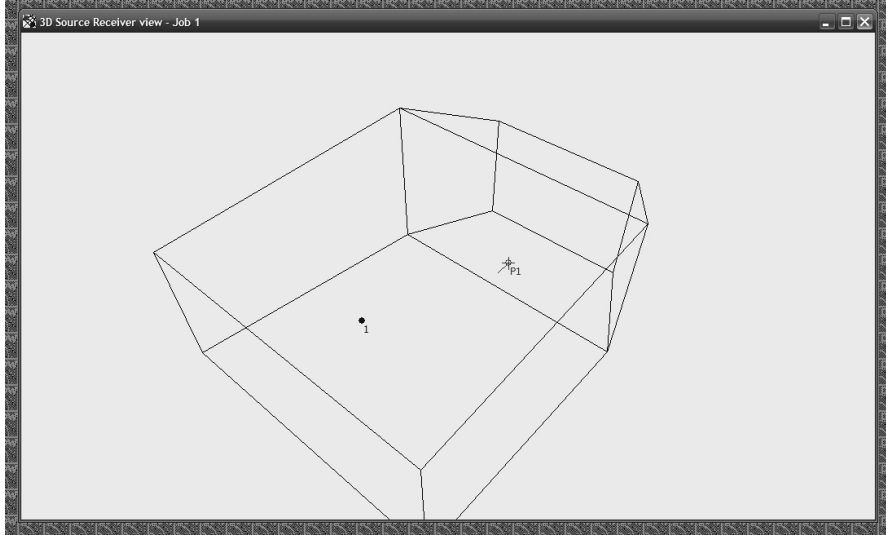
3.2.3. Hybrid Yöntem:

Hybrid yöntem hem ışın izleme hem de imge kaynak yöntemlerinin kullanışlı özelliklerinden faydalanan birleşik bir simülasyon yöntemidir. Bu yöntemde odanın evuru yanıtının erken enerjisinin hesaplanmasında imge kaynak yöntemini, geç enerjinin hesaplanmasında ise ışın tarama yöntemini kullanır.

3.3. Odeon Yazılımında Oda Modelleme:

Odeon ile oda modelleme iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Bunlardan ilki AutoCAD, 3DMax, Rhino, ArchiCAD vb. harici bir oda modelleme yazılımı ile modellenen bir odanın .dxf formatında kayıt edilip ODEON'da açılmasıdır. Diğer yöntem ise yazılım içerisinde oluşturulacak bir metin dosyasına yüzeylerin koordinatları girilerek yapılabilecek modelledir. Kullanılan yöntem ne olursa olsun modelin yüzeyleri kapalı bir hacim oluşturmalı ve bozuk, çiftlenmiş ya da üst üste binmiş yüzeyler olmamalıdır.

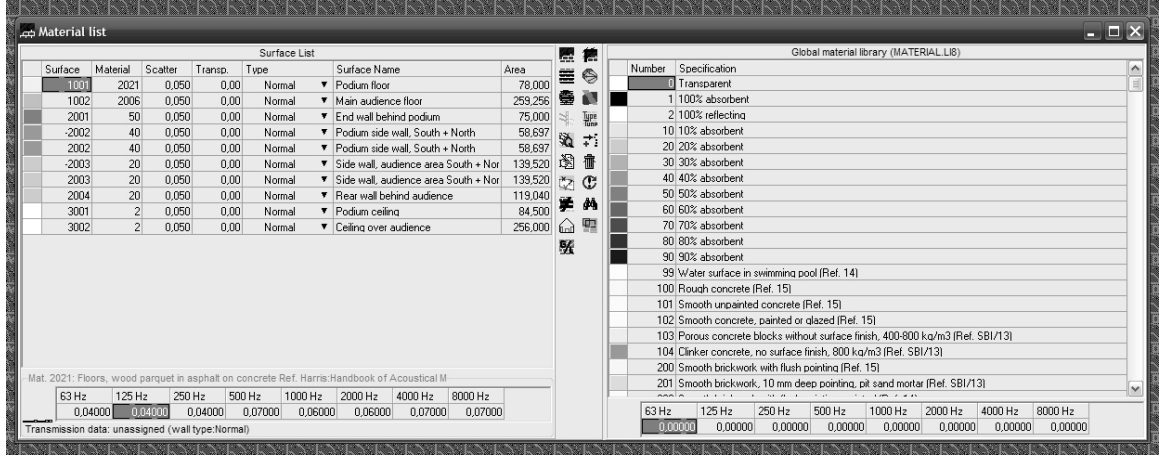
Bundan sonraki aşama oda içerisinde kaynak noktalarının belirlenmesidir. Kaynaklar doğal ses kaynakları ya da hoparlörler olabilir ve yönlülük (directivity), kazanç (gain), eşitleme (equalization) ve gecikmeleri (delay) ayarlanarak yerleştirilebilir. Hoparlörlerin modellenmesi için Common Loudspeaker Format denilen ve hoparlör üreticileri tarafından sağlanan CLF dosyaları kullanılır. Bu dosyalar marka ve modeline göre farklı hoparlörlerin özelliklerini içermektedir.



Şekil 8. Odeon Yazılımında Kaynak (P1) ve Alıcı (1) Noktaları Belirlenmiş Örnek Oda Modeli (Kaynak: Odeon 9.11 Combined Demo Version)

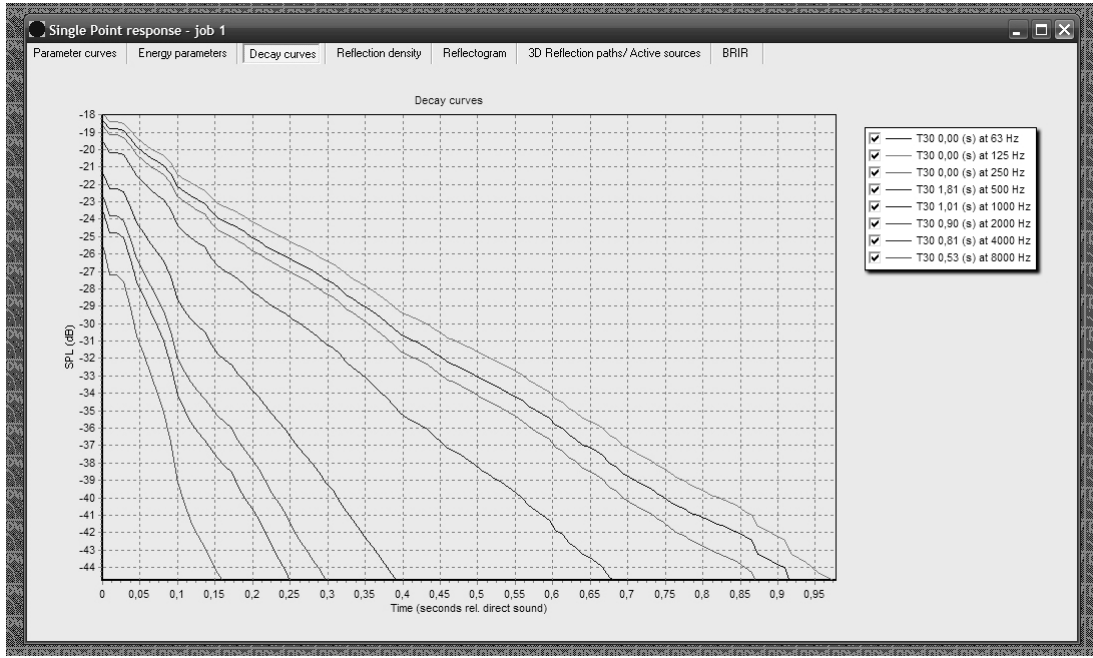
Oda modellemesi ve kaynak yerleşimleri bittikten sonra oda yüzeylerinde hangi materyallerin kullanılacağı belirlenmelidir. Bu materyaller ODEON yazılımında 63Hzden 8000Hz e kadar emicilik katsayıları ile tanımlıdır.

Materyaller yerleştirilirken geçirgenlik (transparency) miktarları da belirlenebilir. ODEON'un içerisindeki materyal kütüphanesinde çok sayıda temel materyal vardır. Bunun haricinde ODEON web sitesinden farklı materyaller düzenli olarak yayınlanmaktadır.



Şekil 9. Odeon Materyal Atama Penceresi ve Materyal Kütüphanesi (Kaynak: Odeon 9.11 Combined Demo Version)

Odanın modellenmesi, kaynak ve materyal yerleşimleri bittiği andan itibaren hesaplamalara geçilebilir. ODEON yazılımı hesaplamalar için Sönüm Eğrilerini (Decay Curves) kullanır ve iki temel sönüm eğrisi ile hesaplama yapılabilir. Bunlardan ilki istatistiksel formüllere dayalı Quick Estimate (Hızlı Tahmin) diğeri ise ray tracing'e dayalı Global Estimate (Geniş Çaplı Tahmin) 'dir. Bu iki yöntem modellenen ortamdaki genel sönüm zamanı ve emicilik değerlerinin kontrolü için kullanılabilir ancak Global Estimate model içerisinde sonsuz sayıda noktadaki sönümün ortalaması ile elde edilen yansım özelliklerini verdiği için daha kesin sonuçlar vermektedir.



Şekil 10. Odeon’da Hesaplamaları Yapılmış Bir Odanın Farklı Oktav Bantlarda Sönüm Eğrileri (Kaynak: Odeon 9.11 Combined Demo Version)

Receiver Number:	1 alici1 (x, y, z) = (15.00, -3.00, 2.64)							
Band (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT (s)	2.01	2.26	1.79	1.34	0.89	0.65	0.58	0.50
T30 (s)	0.00	0.00	0.00	1.81	1.01	0.90	0.81	0.53
SPL (dB)	-18.4	-18.0	-18.7	-19.6	-21.4	-22.8	-23.6	-25.6
C80 (dB)	-0.6	-1.0	-0.2	0.9	3.7	5.9	7.0	9.4
D50	0.33	0.31	0.35	0.41	0.53	0.62	0.66	0.75
Ts (ms)	131	142	124	102	66	52	46	35
LF80	0.245	0.249	0.238	0.230	0.225	0.224	0.220	0.205

SPL(A) = -15.3(dB)
 LG80* = -27.7(dB)
 STI = 0.59 (Theoretical based on T30, STI = 0.72)
 Warning: Reflection density is less than 50 reflections per millisecond

Looking towards Source: 1 kaynak1 - Point source at: (x,y,z) = (5.00, 0.00, 1.50)
 Active sources: 1
 Rays used: 998 (Lost: 13 = 1.3 %)
 Total ray flights: 39095
 Mean free path: 8.80 m

Şekil 11. Odeon’un Alıcı Noktası için Yaptığı Hesaplamaların Dökümü (Kaynak: Odeon 9.11 Combined Demo Version)

BÖLÜM IV

DENEY

4.1. Deneyde Kullanılan Odaların Modellemesi:

Bu tez için farklı akustik özelliklere sahip iki oda modellenmiştir. Bu odaların her ikisi de 35m² zemin alanına ve 3 metre tavan yüksekliğine sahiptir. Her iki odanın da tüm yüzeylerinde eşit oranlarda emicilikler kullanılmıştır. Böylece mükemmel bir ses yayılım alanı elde edilmiştir. Oda yüzeyleri olası flutter echoları önlemek için 5'er derecelik eğimlerle modellenmiştir. Odalarda kaynak ve alıcı noktaları arası uzaklık 1'er metre, kaynak ve alıcının yerden yükseklikleri ise 1.2 metredir. Kaynak olarak ODEON'un ses kütüphanesinden seçilen Anechoic klarnet kaydı kullanılmıştır. Klarnetin yönlülüğü (directivity) ODEON kaynak kütüphanesindeki yönlülük dosyasından sağlanmıştır. Kaynak yerleşiminden sonra ilk odanın yüzeyleri 10% emiciliğe sahip materyallerle kaplanmış ve 0.8 saniyelik bir RT elde edilmiştir. İkinci odada ise 5% emiciliğe sahip materyaller kullanılarak 1.8 saniyelik RT elde edilmiştir. Dağılım değerleri için ODEON yazılımının varsayılan ayarları kullanılmıştır. Kullanılan diğer hesaplama parametreleri şu şekildedir:

Geçiş Sırası (Transition order): 2

Işın Sayısı (Number of Rays): 1000

Modelleme esnasında kullanılan program parametreleri:

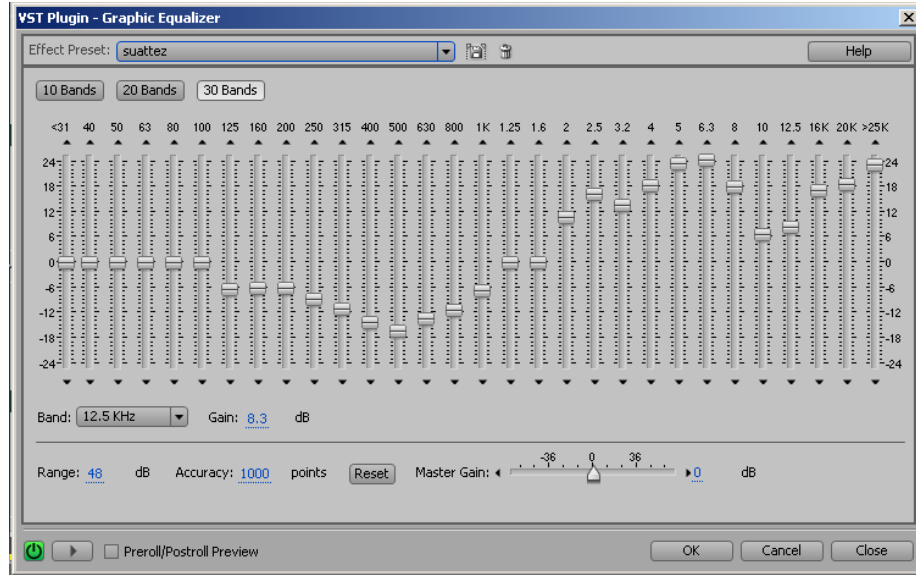
Yönlülük (Directivity): Yönlülük, bir ses kaynağından çıkan sesin yönelim karakteristiğinin hesabıdır. Akustik modelleme yazılımlarında genel olarak sesi her yöne eşit yayan omni-directional kaynaklar kullanılır. Ancak ODEON gibi akustik simulasyon yazılımları farklı kaynaklar için farklı yönlülük karakteristikleri içermektedirler.

Geçiş Sırası (Transition Order): Bu değer yazılımın hybrid modelde hangi imge sırasından sonra ışın tarama yöntemine geçeceğini belirleyen değerdir. Deneyde

kullandığım odalar için bu değer 2 dir. Yani program imge kaynak yöntemi ile ikinci imgenin oluşturulmasından sonra ışın tarama yöntemine geçmektedir.

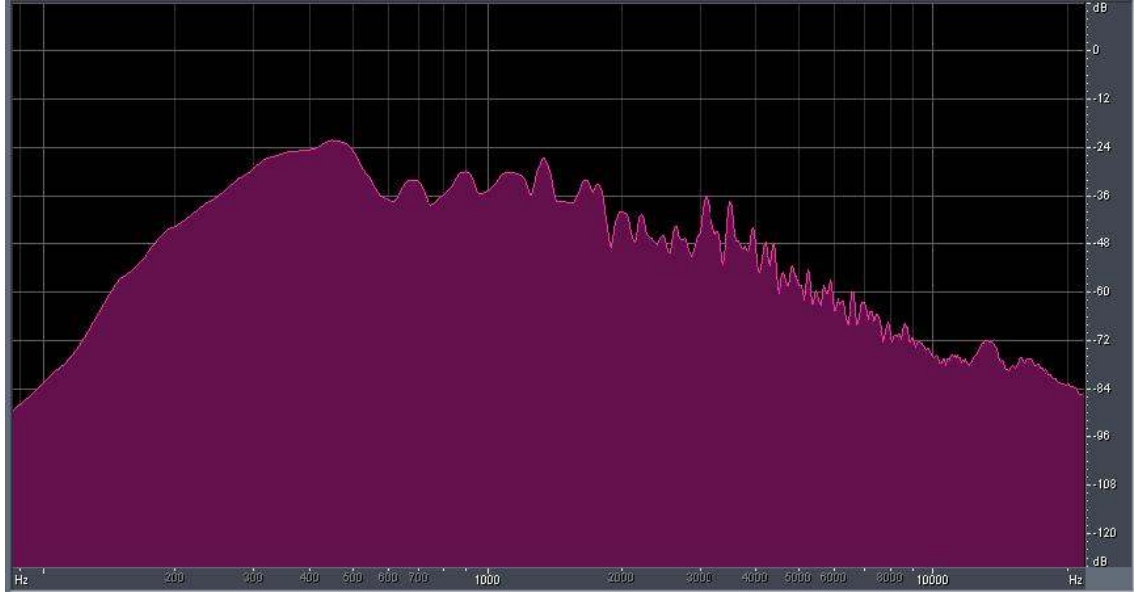
Işın Sayısı (Number of Rays): Bu değer ışın tarama yöntemi ile geç enerji hesabı yapılırken kaç adet ışın kullanılacağını belirtir.

Odaların modellemesi bittikten sonra bu odaların dürtü cevapları ile anechoic klarnet kaydı evrişim (convolution) işlemine tabi tutulmuştur. Evrişimin ardından elde edilen dosyalar normalize edilmiştir. Bunun sebebi yansızlı sinyallerin gürleklerinin anechoic sinyale göre düşük olmasıdır. Bu işlem sonucunda biri kuru, ikisi yansızlı olmak üzere toplam üç adet ses dosyası elde edilmiştir. Bu ses dosyaları fMRI deneyi için hazırlanan kulaklığa göre ek bir Equalizing işlemine tabi tutulmuştur. Bunun sebebi kulaklığın yapısından kaynaklanan frekans cevabı değişikliğidir. Kulaklık yapısı gereği özellikle bas frekanslarda fazla artış yaratmaktadır. Bu da frekans cevabının doğru duyulmasını engellemektedir. Equalizer’da yapılan değişiklikler şekil 12’de görülmektedir.

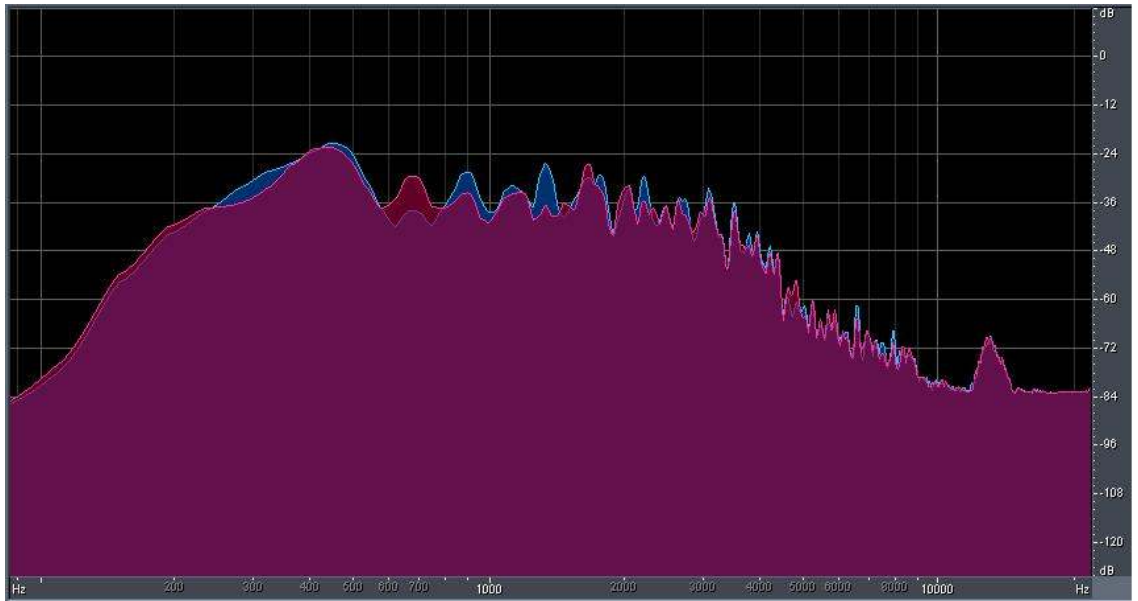


Şekil 12. fMRI Deneyi için Kullanılan Kulaklığa Göre Yapılan Equalizing

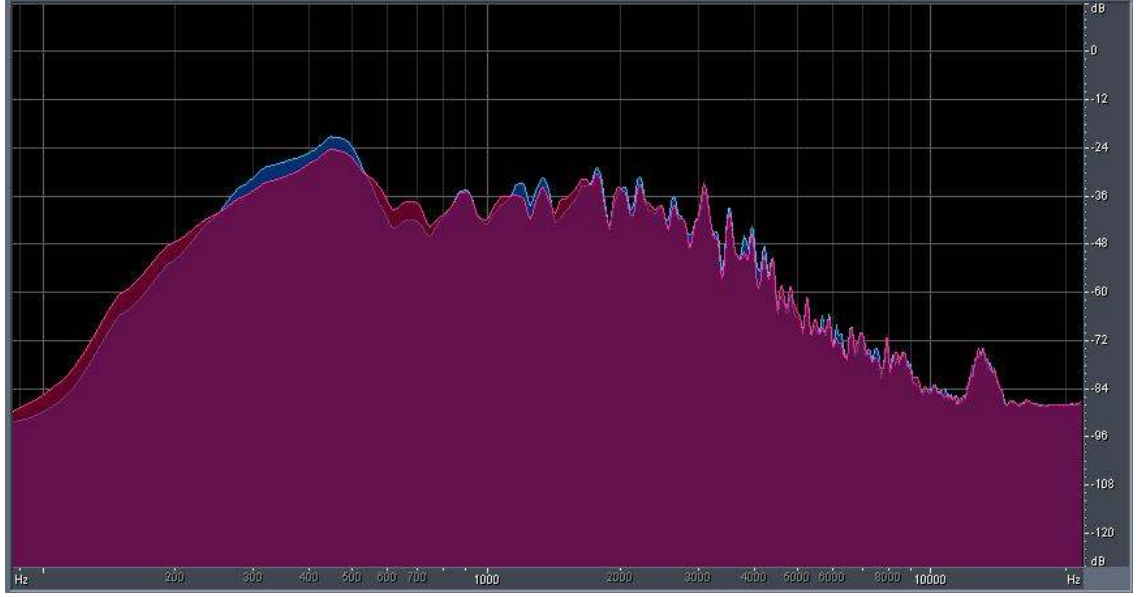
Yansız ve 2 farklı odada evrişim işlemine sokulmuş klarnet seslerinin kulaklık için yapılan equalizing işlemi sonrasındaki frekans cevapları Şekil 13’te gösterilmiştir.



Şekil 13.1. Yansımsız klarnet sesinin frekans cevabı



Şekil 13.2. 1sn RT'ye sahip odanın frekans cevabı



Şekil 13.3. 2 sn RT'ye sahip odanın frekans cevabı

4.2. fMRI Deneyi:

fMRI deneyi için tümü Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Müzik Bilimleri Bölümü öğrencisi ya da mezunu olan 10 erkek katılımcı seçilmiştir. Katılımcıların hepsi müzik teknolojisi ve kulak eğitimi almış öğrencilerdir. Katılımcıların her birine yapılan Edinburgh el testi envanterine göre tüm Katılımcılar %100 sağ el baskındır. Deney öncesi katılımcıların hepsine çalışma hakkında gerekli bilgiler verilmiş ve Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik ve Laboratuar Araştırmaları Etik Kurulu tarafından onaylanan Gönüllü Bilgilendirme Formu'nu doldurmaları istenmiştir.

Deneyde SIEMENS Magnetom Symphony Maestro Class 1.5T MRI cihazı kullanılmıştır. Çekim esnasında kullanılan ayarlar şöyledir:

- Paradigm Size: 16
- Threshold : 4.00
- Measurements: 64
- Delay in TR: 500
- 1 Ignore, 7 Baseline, 1 Ignore, 7 Active

Çekim esnasında oda modellemesi kullanılarak evrişime tabi tutulmuş klarnet sesleri her biri 4'er kere olmak üzere katılımcılara dinletilmiştir. Dinletme sıralaması yansışimsız, 0.8 saniye ve 1.8 saniye yansışımına sahip klarnet sesleri olacak şekilde ayarlanmıştır. Parça başına dinleme süresi dört dakikadır. Her bir parça için bu dört dakikalık zaman 30 saniye dinleme, 30 saniye müziksiz çekim (rest) olacak şekilde bölünmüştür. Deneyden sonra tüm katılımcılara örnekleri algılamalarında herhangi bir sorun yaşayıp yaşamadıkları sorulmuştur. Katılımcıların tümü örnekleri ve örneklerdeki yansışım etkilerini net bir şekilde duyduklarını dile getirmişlerdir.

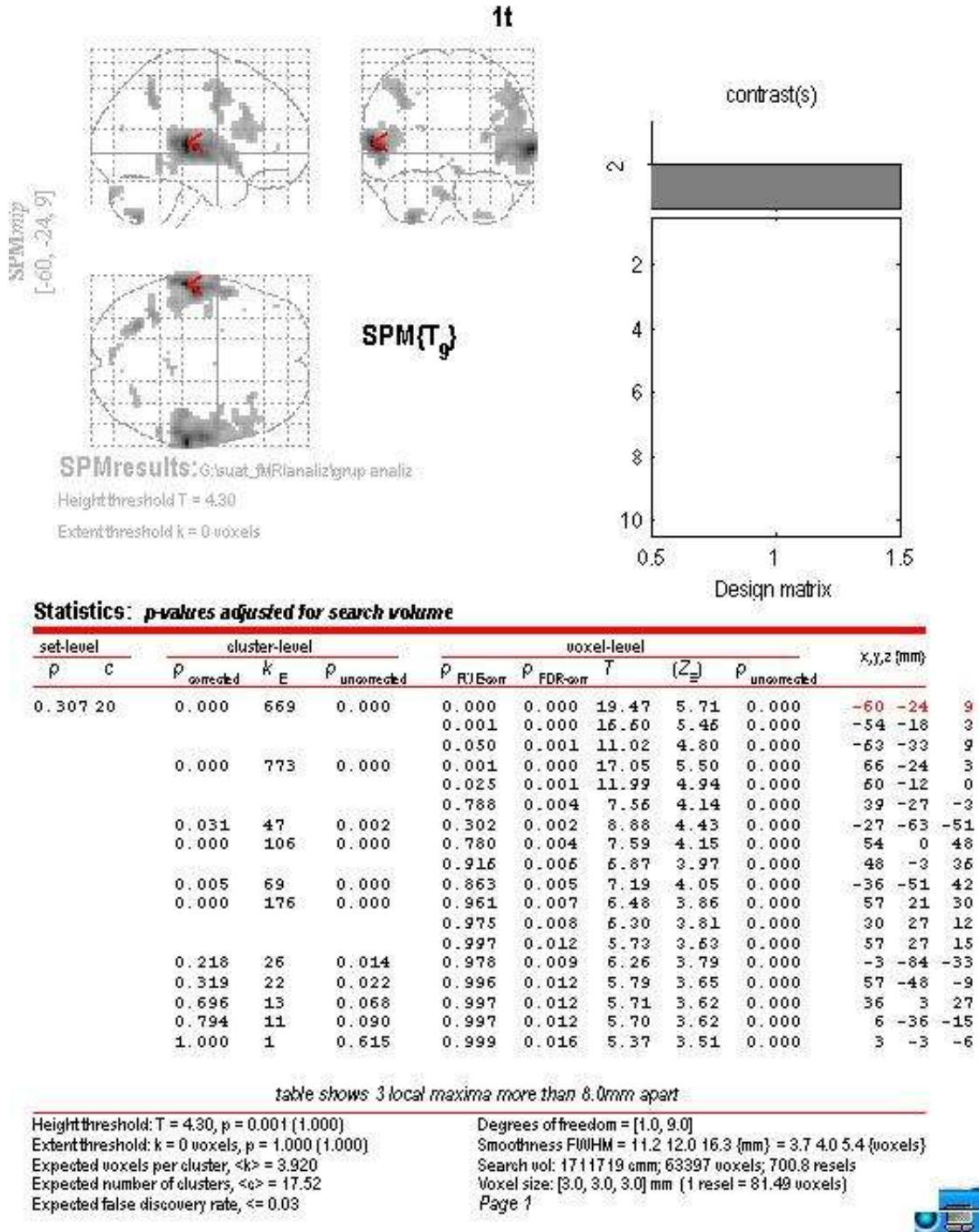
Deney sonucunda 10 katılımcıdan elde edilen fMRI çekimleri Matlab yazılımına bütünleşmiş çalışan SPM2 (Statistical Parametric Mapping) yazılımı ile analiz edilmiştir. Analiz yöntemi 10 deneğin her bir parçada gösterdikleri aktivasyonların ortalamasını veren “tek örnek t-test” grup analizi yöntemidir.

Her bir parça için için yapılan grup analizlerinin sağ ve sol yarımkürelerdeki auditory kortekslerde maksimum aktivasyon gösteren superior temporal gyrus bölgelerinde verdikleri sonuçlar tablodaki gibidir.

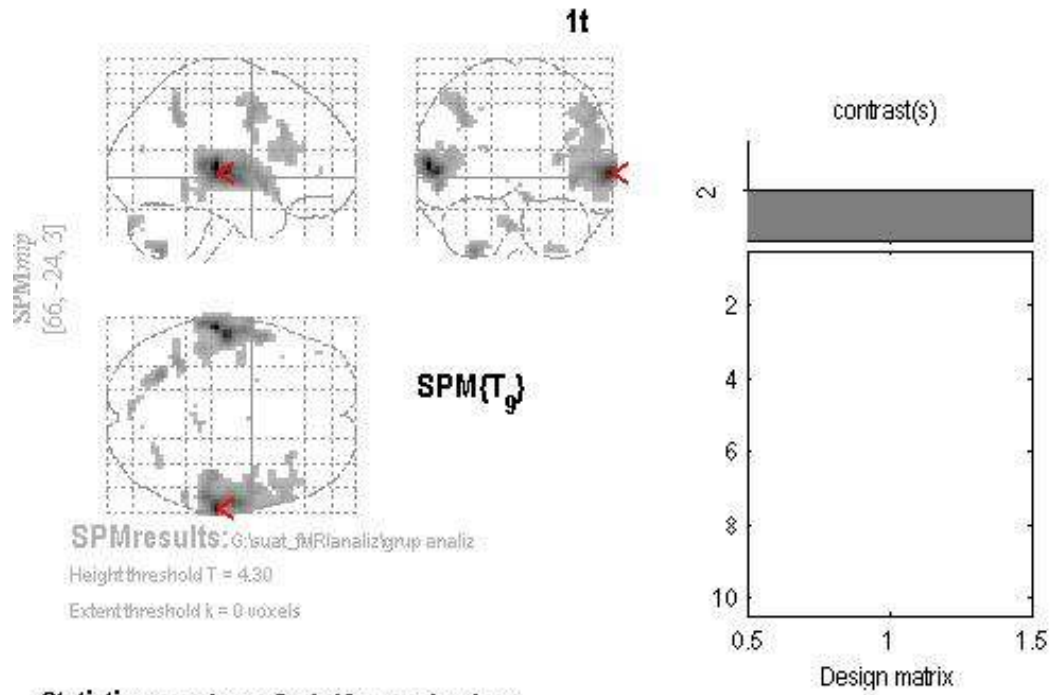
Tablo 2. Deney “one sample t test” Analizi Sonuçları

ÖRNEK	Aktivasyon Bölgesi	Sonuçlar
Yansışimsız	sol superior temporal gyrus	Voksel sayısı: 669 (genişlik) Tscore: 19.47 (gürlük)
	sağ superior temporal gyrus	Voksel sayısı: 773 (genişlik) T score: 17.05 (gürlük)
0.8 sn RT	sol superior temporal gyrus	Voksel sayısı: 1889 (genişlik) Tscore: 18.1 (gürlük)
	sağ superior temporal gyrus	Voksel sayısı: 1310 (genişlik) Tscore: 15.95 (gürlük)
1.8 sn RT	sol superior temporal gyrus	Voksel sayısı: 1561 (genişlik) Tscore: 13.47 (gürlük)
	sağ superior temporal gyrus	Voksel sayısı: 1484 (genişlik) Tscore: 11.18 (gürlük)

Şekil 14'te bu aktivasyonların her iki yarımküredeki maksimum noktaları görülmektedir. Bu alanların koordinatları şekillerde kırmızı okla, tablolarda da kırmızı renkle belirtilmiştir.



Şekil 14.1. Yansımsız ses için Sol Superior Temporal Girus Aktivasyonları



Statistics: p-values adjusted for search volume

set-level		cluster-level			voxel-level					x,y,z (mm)		
ρ	c	$\rho_{\text{corrected}}$	k_E	$\rho_{\text{uncorrected}}$	$\rho_{\text{FWE-corr}}$	$\rho_{\text{FDR-corr}}$	T	(Z_{eq})	$\rho_{\text{uncorrected}}$			
0.307	20	0.000	669	0.000	0.000	0.000	19.47	5.71	0.000	-60	-24	9
					0.001	0.000	16.60	5.46	0.000	-54	-18	3
					0.050	0.001	11.02	4.80	0.000	-63	-33	9
		0.000	773	0.000	0.001	0.000	17.05	5.50	0.000	66	-24	3
					0.025	0.001	11.99	4.94	0.000	60	-12	0
					0.788	0.004	7.56	4.14	0.000	39	-27	-3
		0.031	47	0.002	0.302	0.002	8.88	4.43	0.000	-27	-63	-51
		0.000	106	0.000	0.780	0.004	7.59	4.15	0.000	54	0	48
					0.916	0.006	6.87	3.97	0.000	48	-3	36
		0.005	69	0.000	0.863	0.005	7.19	4.05	0.000	-36	-51	42
		0.000	176	0.000	0.961	0.007	6.48	3.86	0.000	57	21	30
					0.975	0.008	6.30	3.81	0.000	30	27	12
					0.997	0.012	5.73	3.63	0.000	57	27	15
		0.218	26	0.014	0.978	0.009	6.26	3.79	0.000	-3	-84	-33
		0.319	22	0.022	0.996	0.012	5.79	3.65	0.000	57	-48	-9
		0.696	13	0.068	0.997	0.012	5.71	3.62	0.000	36	3	27
		0.794	11	0.090	0.997	0.012	5.70	3.62	0.000	6	-36	-15
		1.000	1	0.615	0.999	0.016	5.37	3.51	0.000	3	-3	-6

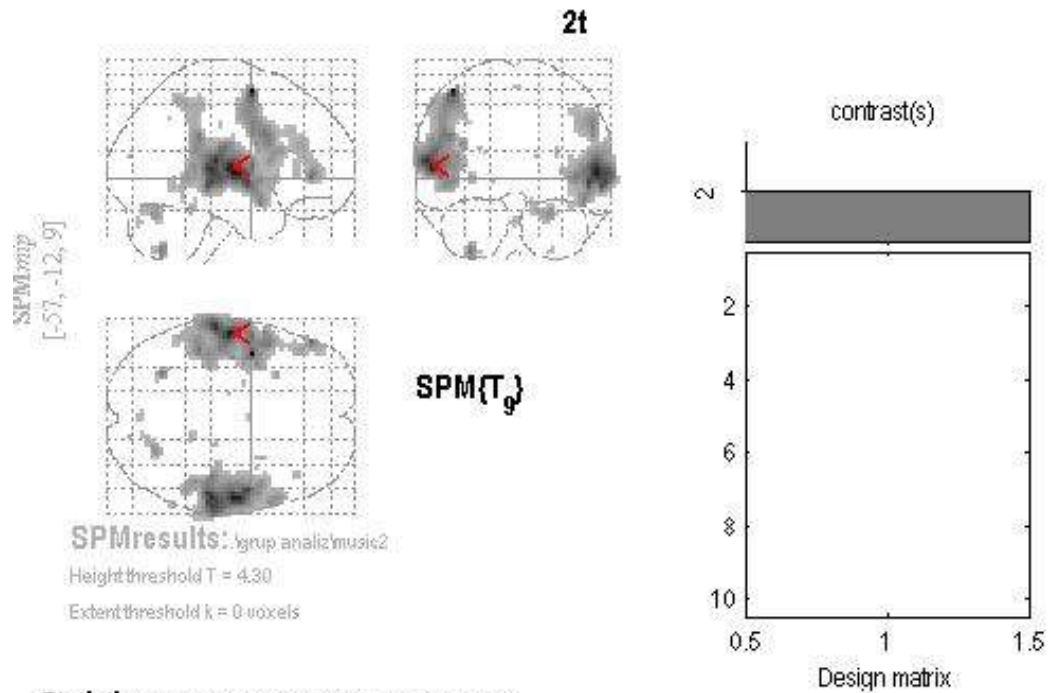
table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 4.30, $p = 0.001$ (1.000)
 Extent threshold: k = 0 voxels, $p = 1.000$ (1.000)
 Expected voxels per cluster, $\langle k \rangle = 3.920$
 Expected number of clusters, $\langle c \rangle = 17.52$
 Expected false discovery rate, ≤ 0.03

Degrees of freedom = [1.0, 9.0]
 Smoothness FWHM = 11.2 12.0 16.3 [mm] = 3.7 4.0 5.4 [voxels]
 Search vol: 1711719 mm³; 63397 voxels; 700.8 resels
 Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 81.49 voxels)
 Page 1



Şekil 14.2. Yansımsız ses için Sağ Superior Temporal Girus Aktivasyonları



Statistics: p-values adjusted for search volume

set-level		cluster-level			voxel-level					x,y,z (mm)			
p	c	p _{corrected}	k	E	p _{uncorrected}	p _{FWEcorr}	p _{FDRcorr}	T	(Z _{max})	p _{uncorrected}			
0.107	24	0.000	1889	0.000	0.001	0.001	18.11	5.60	0.000		-42	0	60
					0.003	0.001	15.17	5.32	0.000		-57	-12	9
					0.007	0.001	13.83	5.18	0.000		-60	-24	12
		0.000	1310	0.000	0.002	0.001	15.95	5.40	0.000		57	-12	3
					0.007	0.001	13.97	5.19	0.000		57	-27	6
					0.015	0.001	12.67	5.03	0.000		51	-3	-3
		0.205	26	0.013	0.248	0.001	9.09	4.47	0.000		-30	-63	-51
		0.000	163	0.000	0.573	0.001	8.20	4.29	0.000		54	0	36
		0.036	44	0.002	0.888	0.003	7.10	4.03	0.000		27	-66	-24
		0.878	9	0.116	0.990	0.005	6.07	3.74	0.000		-27	18	0
		0.786	11	0.085	0.998	0.006	5.64	3.60	0.000		15	-42	-21
		1.000	1	0.608	0.999	0.006	5.58	3.58	0.000		15	-84	15
		0.916	8	0.136	0.999	0.007	5.46	3.54	0.000		30	6	18
		0.736	12	0.073	1.000	0.009	5.14	3.43	0.000		60	-54	-3
		0.998	3	0.355	1.000	0.009	5.08	3.41	0.000		21	-27	-27
		0.916	8	0.136	1.000	0.009	5.06	3.40	0.000		0	-78	-30
		0.490	17	0.037	1.000	0.010	4.98	3.37	0.000		42	30	3
		0.998	3	0.355	1.000	0.010	4.94	3.35	0.000		42	-39	48

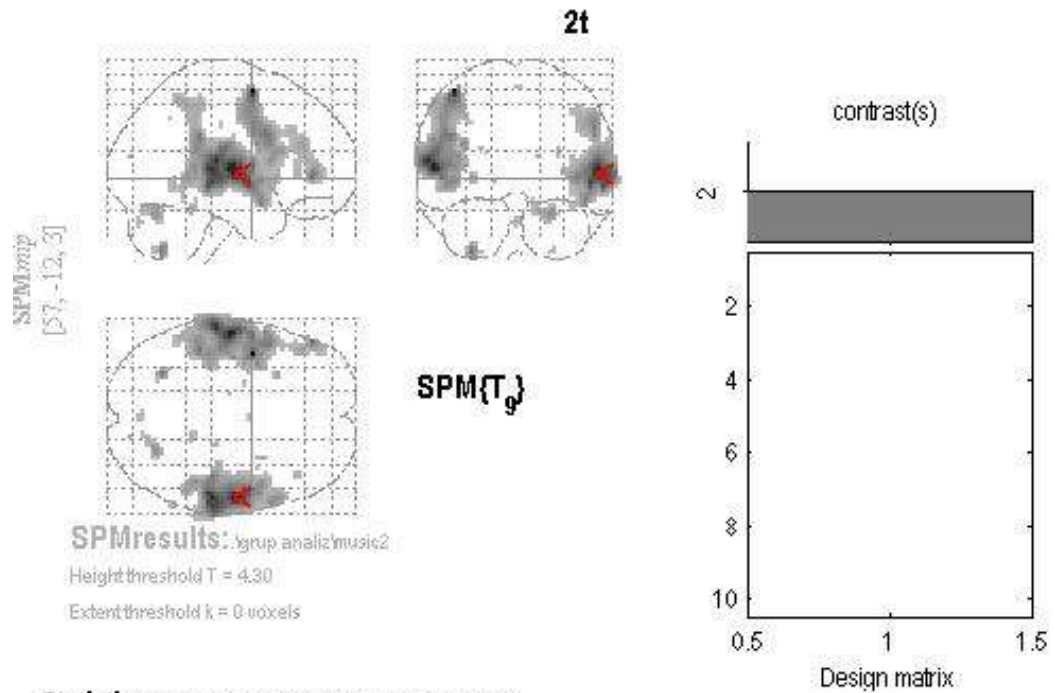
table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 4.30, p = 0.001 (1.000)
Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)
Expected voxels per cluster, <k> = 3.780
Expected number of clusters, <c> = 18.13
Expected false discovery rate, <= 0.02

Degrees of freedom = [1.0, 9.0]
Smoothness FWHM = [11.0 11.9 16.2] [mm] = 3.7 4.0 5.4 [voxels]
Search vol: 1711719 mm³; 63397 voxels; 726.8 resels
Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 78.58 voxels)
Page 1



Şekil 14.3. 0.8 sn RT'ye sahip ses için Sol Superior Temporal Girus Aktivasyonları



Statistics: p-values adjusted for search volume

set-level		cluster-level			voxel-level					x,y,z (mm)			
p	c	p _{corrected}	k	E	p _{uncorrected}	p _{FWEcorr}	p _{FDRcorr}	T	(Z ₉)	p _{uncorrected}			
0.107	24	0.000	1889	0.000	0.001	0.001	18.11	5.60	0.000		-42	0	60
					0.003	0.001	15.17	5.32	0.000		-57	-12	9
					0.007	0.001	13.83	5.18	0.000		-60	-24	12
		0.000	1310	0.000	0.002	0.001	15.95	5.40	0.000		57	-12	3
					0.007	0.001	13.97	5.19	0.000		57	-27	6
					0.015	0.001	12.67	5.03	0.000		51	-3	-3
		0.205	26	0.013	0.248	0.001	9.09	4.47	0.000		-30	-63	-51
		0.000	163	0.000	0.573	0.001	8.20	4.29	0.000		54	0	36
		0.036	44	0.002	0.888	0.003	7.10	4.03	0.000		27	-66	-24
		0.878	9	0.116	0.990	0.005	6.07	3.74	0.000		-27	18	0
		0.786	11	0.085	0.998	0.006	5.64	3.60	0.000		15	-42	-21
		1.000	1	0.608	0.999	0.006	5.58	3.58	0.000		15	-84	15
		0.916	8	0.136	0.999	0.007	5.46	3.54	0.000		30	6	18
		0.736	12	0.073	1.000	0.009	5.14	3.43	0.000		60	-54	-3
		0.998	3	0.355	1.000	0.009	5.08	3.41	0.000		21	-27	-27
		0.916	8	0.136	1.000	0.009	5.06	3.40	0.000		0	-78	-30
		0.490	17	0.037	1.000	0.010	4.98	3.37	0.000		42	30	3
		0.998	3	0.355	1.000	0.010	4.94	3.35	0.000		42	-39	48

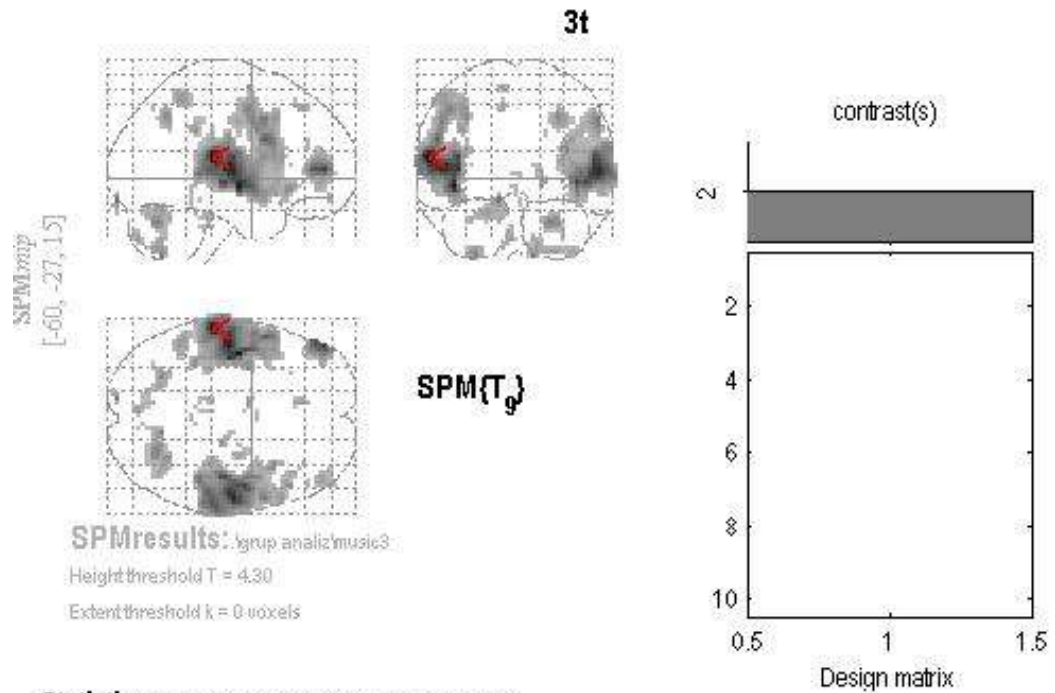
table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 4.30, p = 0.001 (1.000)
Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)
Expected voxels per cluster, <k> = 3.780
Expected number of clusters, <c> = 18.13
Expected false discovery rate, <= 0.02

Degrees of freedom = [1.0, 9.0]
Smoothness FWHM = 11.0 11.9 16.2 [mm] = 3.7 4.0 5.4 [voxels]
Search vol: 1711719 cm³; 63397 voxels; 726.8 resels
Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 78.58 voxels)
Page 7



Şekil 14.4. 0.8 sn RT'ye sahip ses için Sağ Superior Temporal Girus Aktivasyonları



Statistics: p-values adjusted for search volume

set-level		cluster-level			voxel-level					x,y,z (mm)			
p	c	p _{corrected}	k	E	p _{uncorrected}	p _{FWEcorr}	p _{FDRcorr}	T	(Z _g)	p _{uncorrected}	x	y	z
0.000	40	0.000	1561	0.000	0.009	0.002	13.47	5.13	0.000		-60	-27	15
					0.029	0.002	11.77	4.91	0.000		-42	-9	-6
					0.035	0.002	11.50	4.87	0.000		-48	-15	9
		0.000	1484	0.000	0.045	0.002	11.18	4.82	0.000		57	-12	3
					0.150	0.002	9.67	4.58	0.000		48	-6	-3
					0.150	0.002	9.67	4.58	0.000		42	-18	-3
		0.000	150	0.000	0.122	0.002	9.92	4.62	0.000		-48	51	6
		0.737	11	0.062	0.817	0.003	7.74	4.18	0.000		-12	-93	-15
		0.002	68	0.000	0.881	0.003	7.40	4.10	0.000		12	-63	-54
					0.999	0.007	5.70	3.62	0.000		27	-69	-51
					1.000	0.008	5.48	3.55	0.000		12	-63	-42
		0.003	63	0.000	0.924	0.004	7.11	4.03	0.000		24	-66	-30
					1.000	0.012	4.82	3.31	0.000		33	-60	-39
		0.161	25	0.008	0.969	0.004	6.68	3.92	0.000		-27	-63	-54
		0.046	36	0.002	0.983	0.005	6.46	3.85	0.000		48	27	-9
					0.999	0.007	5.66	3.61	0.000		39	30	-6
		0.019	44	0.001	0.983	0.005	6.45	3.85	0.000		30	-60	45
		0.325	19	0.018	0.990	0.005	6.30	3.81	0.000		-36	-39	33

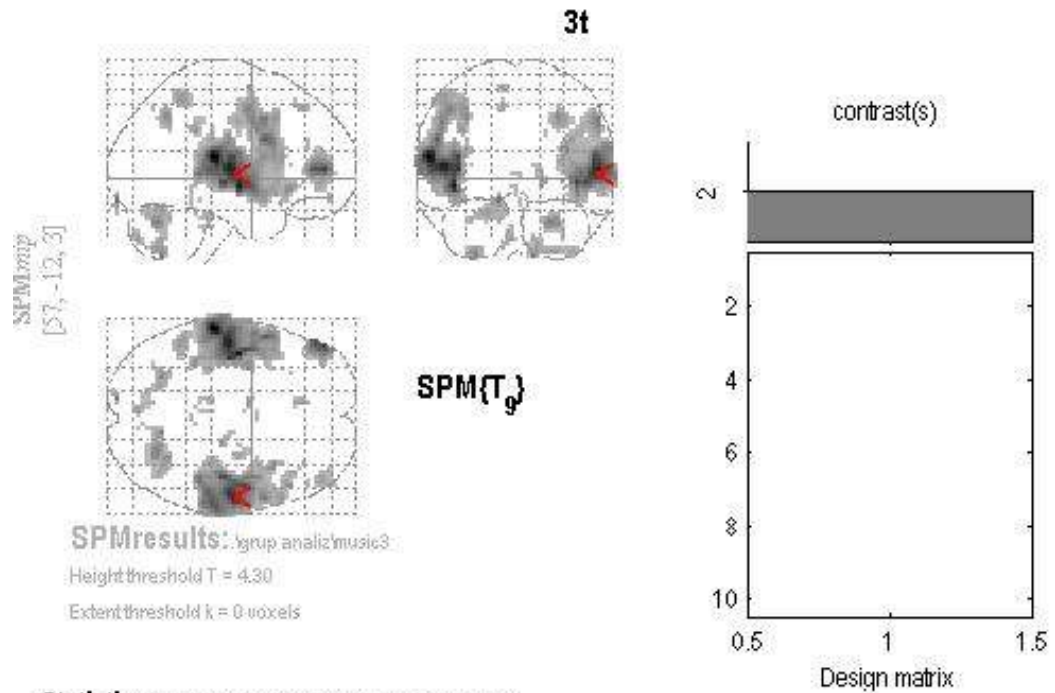
table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 4.30, p = 0.001 (1.000)
 Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)
 Expected voxels per cluster, <k> = 3.154
 Expected number of clusters, <c> = 21.51
 Expected false discovery rate, <= 0.02

Degrees of freedom = [1.0, 9.0]
 Smoothness FWHM = 10.3 11.3 15.2 [mm] = 3.4 3.8 5.1 [voxels]
 Search vol: 1711719 cmm; 63397 voxels; 871.1 resels
 Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 65.56 voxels)
 Page 7



Şekil 14.5. 1.8 sn RT'ye sahip ses için Sol Superior Temporal Girus Aktivasyonları



Statistics: p-values adjusted for search volume

set-level		cluster-level			voxel-level					x,y,z (mm)			
p	c	p _{corrected}	k	E	p _{uncorrected}	p _{FWEcorr}	p _{FDRcorr}	T	(Z _g)	p _{uncorrected}			
0.000	40	0.000	1561	0.000	0.009	0.002	13.47	5.13	0.000	-60	-27	15	
					0.029	0.002	11.77	4.91	0.000	-42	-9	-6	
					0.035	0.002	11.50	4.87	0.000	-48	-15	9	
		0.000	1484	0.000	0.045	0.002	11.18	4.82	0.000	57	-12	3	
					0.150	0.002	9.67	4.58	0.000	48	-6	-3	
					0.150	0.002	9.67	4.58	0.000	42	-18	-3	
		0.000	150	0.000	0.122	0.002	9.92	4.62	0.000	-48	51	6	
					0.737	0.062	7.74	4.18	0.000	-12	-93	-15	
					0.002	68	0.000	0.881	0.003	7.40	4.10	0.000	12
		0.003	63	0.000	0.999	0.007	5.70	3.62	0.000	27	-69	-51	
					1.000	0.008	5.48	3.55	0.000	12	-63	-42	
					0.924	0.004	7.11	4.03	0.000	24	-66	-30	
		0.161	25	0.008	1.000	0.012	4.82	3.31	0.000	33	-60	-39	
					0.969	0.004	6.68	3.92	0.000	-27	-63	-54	
					0.983	0.005	6.46	3.85	0.000	48	27	-9	
0.046	36	0.002	0.999	0.007	5.66	3.61	0.000	39	30	-6			
			0.983	0.005	6.45	3.85	0.000	30	-60	45			
			0.325	19	0.018	0.990	0.005	6.30	3.81	0.000	-36	-39	33

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

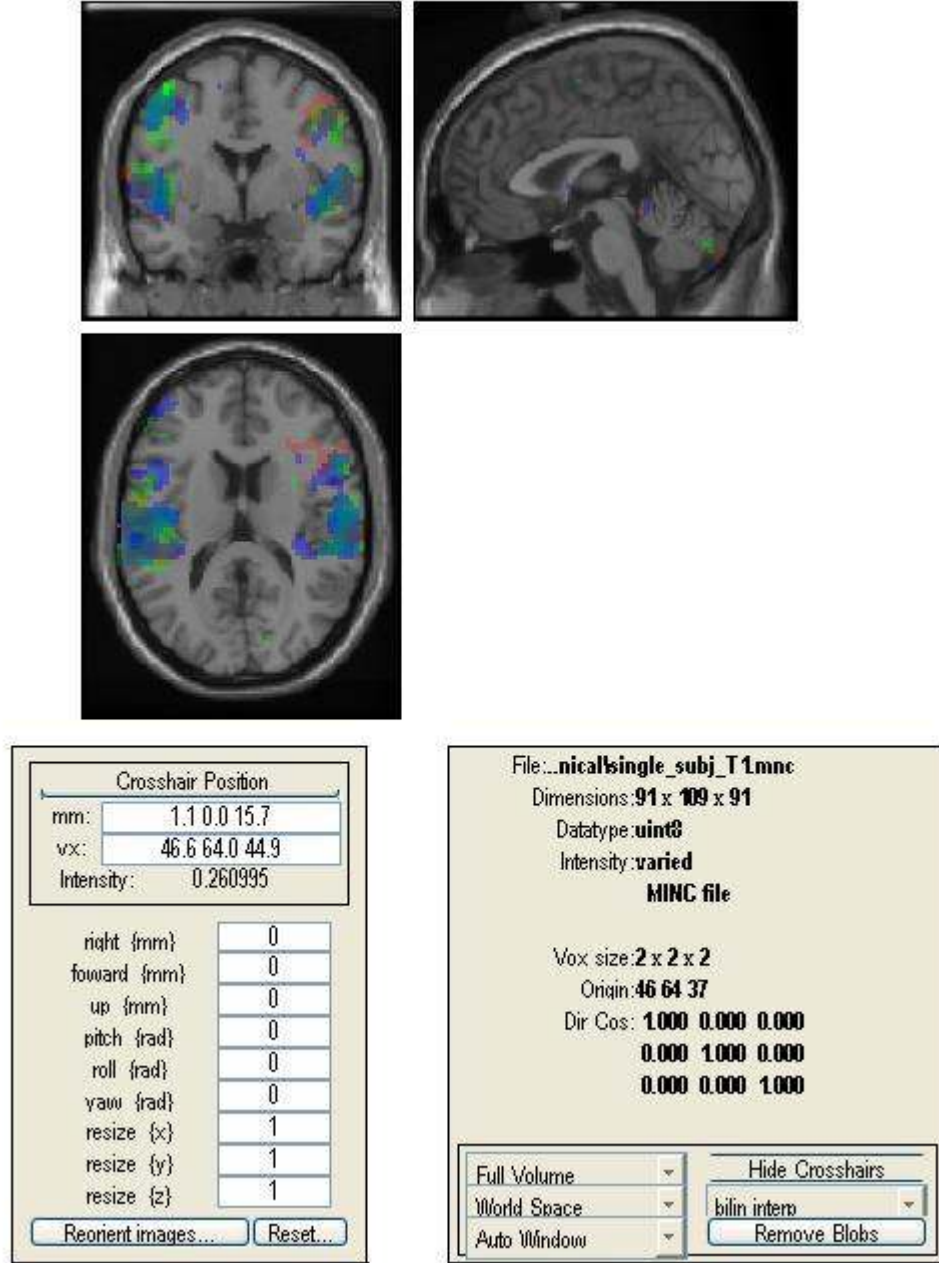
Height threshold: T = 4.30, p = 0.001 (1.000)
 Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)
 Expected voxels per cluster, <k> = 3.154
 Expected number of clusters, <c> = 21.51
 Expected false discovery rate, <= 0.02

Degrees of freedom = [1.0, 9.0]
 Smoothness FWHM = 10.3 11.3 15.2 [mm] = 3.4 3.8 5.1 [voxels]
 Search vol: 1711719 cmm; 63397 voxels; 871.1 resels
 Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 65.56 voxels)
 Page 7

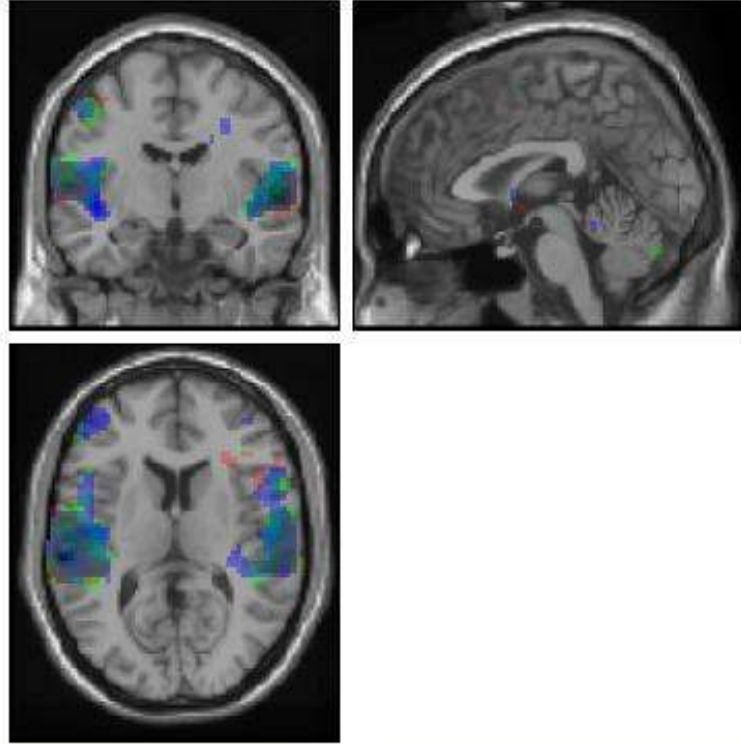


Şekil 14.6. 1.8 sn RT'ye sahip ses için Sağ Superior Temporal Girus Aktivasyonları

Şekil 15'te ise üç farklı örneğin aktivasyon farklılıkları renk kodlamaları ile gösterilmiştir. Şekilde kırmızı renk birinci yansışimsız, yeşil renk 0.8 sn yansışimli, mavi renk ise 1.8 saniye yansışimli örneğin aktivasyon bölgelerini göstermektedir.



Şekil 15.1. 3 örnek arasında farklı renk kodları ile aktivasyon farklılıkları

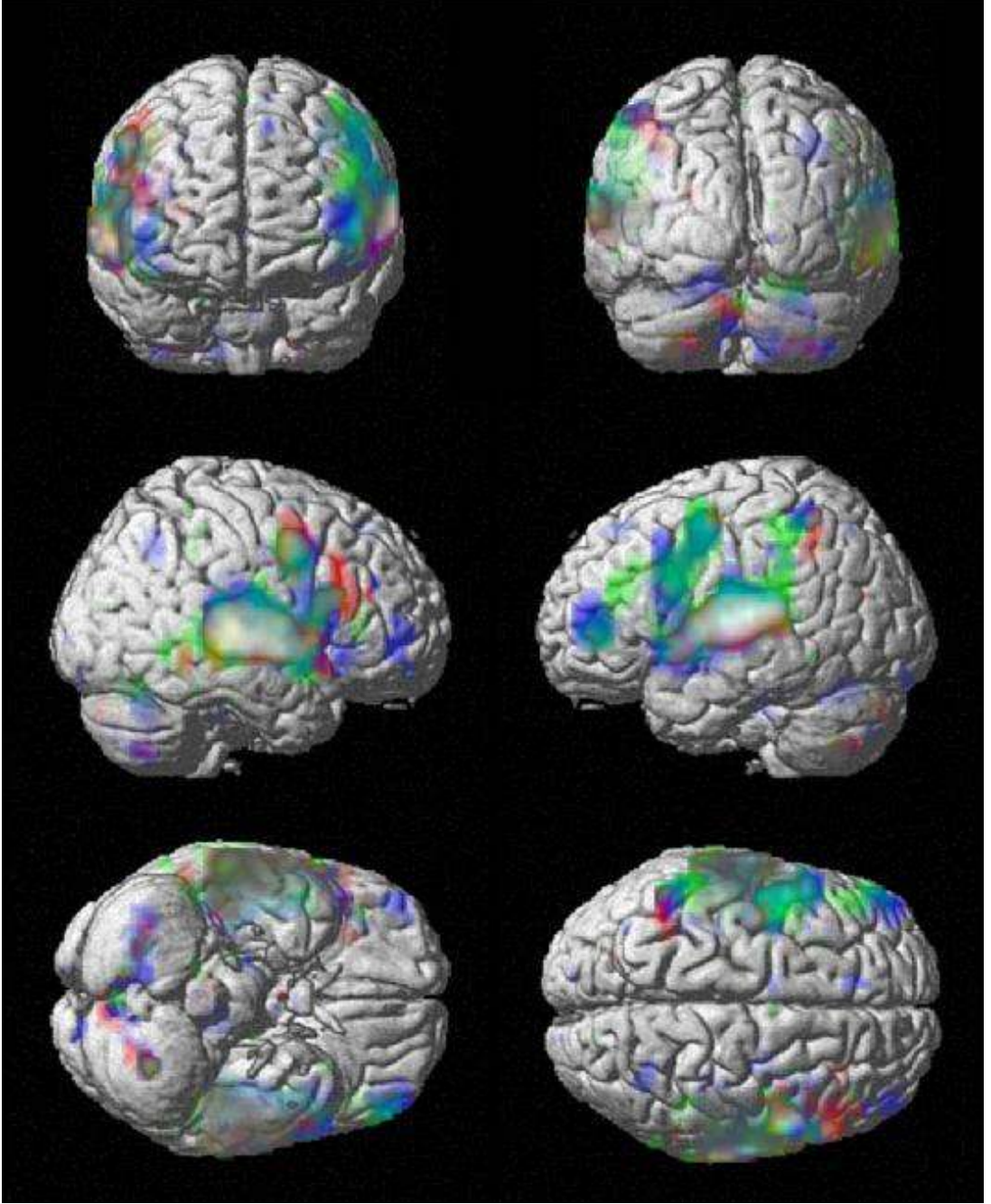


Crosshair Position	
mm:	2.3 -8.9 11.2
vx:	47.1 59.5 42.6
Intensity:	0.27004
right {mm}	0
forward {mm}	0
up {mm}	0
pitch {rad}	0
roll {rad}	0
yaw {rad}	0
resize {x}	1
resize {y}	1
resize {z}	1
<input type="button" value="Reorient images..."/> <input type="button" value="Reset..."/>	

File: ...nicalsingle_subj_T1mnc	
Dimensions: 91 x 109 x 91	
Datatype: uint8	
Intensity: varied	
MINC file	
Vox size: 2 x 2 x 2	
Origin: 46 64 37	
Dir Cos: 1.000 0.000 0.000	
0.000 1.000 0.000	
0.000 0.000 1.000	
Full Volume	Hide Crosshairs
World Space	<input type="button" value="bilin interp"/>
Auto Window	<input type="button" value="Remove Blobs"/>

Şekil 15.2. Farklı bir kesitten örnekler arasındaki aktivasyon farkları

Aşağıdaki şekil ise örnekler arasındaki aktivasyon farklarını aynı renk kodları ile 3 boyutlu olarak göstermektedir. Ortak aktivasyon alanları 3 boyutlu görünümde beyaz olarak görünmektedir.



Şekil 16. Aktivasyonların 3 Boyutlu Gösterimi

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışma yansıım süresi farklılıklarının algısında insan beyindeki sinirsel değişimleri gözlemlemek için yapılmıştır. Akustik ve nörobilim çalışmalarının sınırlı olması bu çalışmadaki kısıtlardan birisidir. Literatürde karşılaşılan sınırlı sayıdaki çalışmalardan bazıları Ando'nun yaptığı uzaysal algının hangi yarımkürelerde daha baskın aktivasyon gösterdiğini inceleyen MEG çalışmalarıdır. Bu çalışma ise fonksiyonel manyetik rezonans taramaları kullanılarak, yansıım süresi değişimlerinin özellikle oditory korteks'lerde gösterdiği aktivasyonları gözlemlemek için yapılmıştır.

Yapılan MR çekimleri sonucu tüm katılımcılardan elde edilen sonuçlarla yapılan "tek örnek t-test" analizinin sonuçlarına bakıldığında her iki yarımküredeki oditory korteks'lerde duyma ile ilişkilenen superior temporal girus bölgesinde belirgin aktivasyon değişimleri görülmektedir. Yansıım süresi arttıkça genel anlamda genişleyen bir aktivasyon alanı vardır. Bu sonuçlar şekil 15 ve 16'daki renkli gösterimlerde de görülebilmektedir. Birinci uyarın için kırmızı, ikinci uyarın için yeşil, üçüncü uyarın için mavi renk kodu kullanılan bu beyin resimlerinde alanların son örneğe göre genişlediği açıktır. Bu noktada en uzun RT'ye sahip üçüncü örnek ile ilgili sol superior temporal girus'ta karşılaşılan bir durum dikkat çekicidir. İlk iki örnek için her iki yarımkürede artan bir aktivasyon alanı dikkat çekmektedir. Ancak üçüncü örnekte sağ superior temporal girus'ta sinyal alanı artmaya devam ederken, sol superior temporal girusta ikinci örneğe göre daha az bir aktivasyon alanı görülmüştür. Sağ ve sol superior temporal girus'larda görülen bu farkın nedeni daha sonra yapılacak çalışmalarla daha net bir şekilde incelenebilir.

Çalışmadan çıkan ikinci sonuç aktivasyon gürlüğünün yansıım süresi artışı ile ters orantılı bir ilişkide olduğudur. Yansıım süresi arttıkça aktivasyon sinyali gürlüğünün her iki yarımküredeki superior temporal girus'larda düştüğü görülmektedir. Bu sonuç iki yarımkürede de aynı şekilde görülmüştür. Bu sonucun yansıım süresi arttıkça çalgının direkt sesinin gürlüğünün düşmesi ile ilişkili olduğu düşünülebilir.

KAYNAKÇA

ABDOU, A. M. A.; **Transient Sound Intensity Measurements for Evaluating the Spatial Information of Sound Fields in Reverberant Enclosures**, PhD Thesis, Concordia University, Canada, 1994.

ANDO, Yoichi; **Investigations on Cerebral Hemisphere Activities Related to Subjective Preference of the Sound Field**, Journal of Temporal Design in Architecture and the Environment Vol. 3, No. 1, 2003.

BLOOD, Anne J., ZATORRE, Robert J., BERMUDEZ, Patrick, EVANS, Alan C.; **Emotional Responses to Pleasant and Unpleasant Music Correlate with Activity in Paralimbic Brain Regions**, Nature Neuroscience, Vol 2, 4: 382 – 387, 1999.

BRADLEY, David Timothy; **Analysis of Parameter Effects on Sound Energy Decay in Coupled Volume Systems**, PhD Thesis, University of Nebraska, USA, 2006.

EVEREST, F. Alton; **The Master Handbook of Acoustics**, McGraw Hill, USA, 2000.

GEDİK, Ali Cenk; **Popüler Müzikte Beğeni Farklılıkları: bir fMRI Çalışması**, Yüksek Lisans Tezi, Yayınlanmamış, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2007.

HALPERN, Andrea R., ZATORRE, Robert J., BOUFFARD, Marc, JOHNSON, Jennifer A.; **Behavioral and Neural Correlates of Perceived and Imagined Timbre**, Neuropsychologia, 42: 1281 – 1292, 2004.

HAMEED, Sharaf, PAKARINEN, Jyri, VALDE, Kari, PULKKI, Ville, **Psychoacoustic Cues in Room Size Perception**, *AES 116th Convention*, Berlin, 2004.

HASEGAWA, Takehiro, MATSUKI, Ken-Ichi, UENO, Takashi, MAEDA, Yasuhiro, MATSUE, Yoshihiko, KONISHI, Yukuo, SADATO, Norihiro; **Learned Audio-Visual Cross-Modal Associations in Observed Piano Playing Activate**

the Left Planum Temporale: An fMRI Study, Cognitive Brain Research, 20: 510 – 518, 2004.

HOWARD, D. M., ANGUS, Jamie; **Acoustics and Psychoacoustics Third Edition**, Elsevier Publications, UK, 2006, pp 267.

ISO 3382, **Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters**, 1997.

KARŞICI, Gülay; **Müzik Beğenisinde Kültürel Etkenler: Bir fMRI Çalışması**, Doktora tezi, Yayınlanmamış, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2007.

KOELSCH, Stefan, FRITZ, Thomas, CRAMON, D. Yves v., MULLER, Karsten, FRIEDERICI, Angela D.; **Investigating Emotion with Music: An fMRI Study**, Human Brain Mapping, 27: 239 – 250, 2006.

LIMB, Charles J.; **Structural and Functional Neural Correlates of Music Perception**, The Anatomical Record Part A, 288A: 435 – 446, 2006.

LOTZE, M., SCHELER, G., TAN, H.R.M, BRAUN, C., BIRBAUMER, N.; **The Musician's Brain: Functional Imaging of Amateurs and Professionals During Performance and Imagery**, Neuroimage, 20: 1817 – 1829, 2003.

MEHTA, Maden, JOHNSON, J., ROCAFORD, J.; **Architectural Acoustics: Principles and Design**, Simon & Schuster, New Jersey, 1999.

NAIR, Dinesh G., LARGE, Edward W., STEINBERG, Fred, KELSO, J. A. Scott; **Perceiving Emotion in Expressive Piano Performance: A Functional MRI Study**, Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception and Cognition, Sydney, 2002.

ÖZGÜR, Enis, ÖZİŞ, Feridun, ALPKOCAK, Adil; **DAAD: Mimari Akustik Benzetim Yazılımı**, IEEE 12. SIU Konferansı, İzmir, 2004.

ÖZİŞ, Feridun, VERGİLİ, Suat; **Müzik Dinleme Perspektifinde Mekan – İnsan İlişkisi: Kritik Dinleme Odalarının Akustik Parametre İlişkilerinin Değerlendirilmesi**, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 1(3): 312 – 327, 2008.

RINDEL J. H.; **The Use of Computer Modelling in Room Acoustics**, Journal of Vibroengineering, 3: 41 – 72, 2000.

SATOH, Masayuki, TAKEDA, Katsuhiko, NAGATA, Ken, Hatazawa, Jun, SHIGEKI, Kuzuhura; **The Anterior Portion of the Bilateral Temporal Lobes Participates in Music Perception: A Positron Emission Tomography Study**, AJNR Am J Neuroradiol, 24:1843 – 1848, 2003.

SOETA, Y., NAKAGAWA, S., TONOIKE, M., ANDO, Y. ; **Magnetoencephalographic Responses Corresponding to Individual Subjective Preference of Sound Fields**, Journal of Sound and Vibration, 258(3): 419 – 428, 2002.

OHNISHI, Takashi, MATSUDA, Hiroshi, ASADA, Takashi, ARUGA, Makoto, HIRAKATA, Makiko, NISHIKAWA, Masami, KATOH, Asako, IMABAYASHI, Etsuko; **Functional Anatomy of Music Perception in Musicians**, Cerebral Cortex, 11: 754 – 760, 2001.

ÖZGEÇMİŞ

Ad, Soyad: Suat Vergili

Doğum Yeri ve Yılı: İzmir – 1981

Yabancı Dil: İngilizce (TOEFL: 107, KPDS: 90)

Eğitim:

- Yüksek Lisans: Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bilimleri Bölümü
- Lisans: 2005, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bilimleri Bölümü
- Lise: 1999, M.E.V. Avni Akyol Lisesi

İş Tecrübesi:

- 2005 – Halen, Araştırma Görevlisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Müzik Teknolojisi Anabilimdalı

Yayımları:

Uluslararası Hakemli Dergi:

- ÖZİŞ, Feridun, VERGİLİ, Suat; Müzik Dinleme Perspektifinde Mekan – İnsan İlişkisi: Kritik Dinleme Odalarının Akustik Parametre İlişkilerinin Değerlendirilmesi, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 1(3): 312 – 327, 2008.

Bildiri:

- Araş. Gör. Suat Vergili, Araş. Gör. Feridun Öziş, Prof Dr. Fırat Kutluk, Doç. Dr. Cem Çallı, Yrd. Doç. Dr. Timur Köse, “Müzikte Akustik ve tınsal Farklılıklar: Bir fMRI Çalışması”, Genç Bilim İnsanlarıyla Beyin Biyofiziği: Darboğazlar ve Çözüm Arayışları Çalıştay1, D.E.U Tıp Fakültesi, 2007, İzmir
- Araş. Gör. Turan Onur Bayazıt, Ruha Uğraş Erdoğan, Serhat Taşlıca, Araş. Gör. Suat Vergili, Gülsüm Akdeniz, Mine Durmuş, “Erkek Sesiyle Hazırlanan Sessiz-Sesli Harf Dikotik Hece Dinleme Paradigmasının Ses Ve Algısal Analizi”, Genç Bilim İnsanlarıyla Beyin Biyofiziği: Darboğazlar ve Çözüm Arayışları Çalıştay1, D.E.U Tıp Fakültesi, 2007, İzmir