

**T.C.**  
**ATILIM ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İÇ MİMARLIK VE ÇEVRE TASARIMI ANABİLİM DALI**  
**İÇ MİMARLIK VE ÇEVRE TASARIMI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**“FARKLI ANLAYIŞLARLA TASARLANMIŞ EĞİTİM**  
**ALANLARINDAKİ SINIFLARIN HACİM AKUSTİĞİ YÖNÜNDEN**  
**DEĞERLENDİRİLMESİ; DOĞA KOLEJİ ÇUKURAMBAR VE İMKB**  
**ALPARSLAN ORTAOKULU ÖRNEĞİ”**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hazırlayan**

**Can YERLİ**

**ANKARA, 2015**

**T.C.**  
**ATILIM ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İÇ MİMARLIK VE ÇEVRE TASARIMI ANABİLİM DALI**  
**İÇ MİMARLIK VE ÇEVRE TASARIMI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**“FARKLI ANLAYIŞLARLA TASARLANMIŞ EĞİTİM**  
**ALANLARINDAKİ SINIFLARIN HACİM AKUSTİĞİ YÖNÜNDEN**  
**DEĞERLENDİRİLMESİ; DOĞA KOLEJİ ÇUKURAMBAR VE İMKB**  
**ALPARSLAN ORTAOKULU ÖRNEĞİ”**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hazırlayan**

**Can YERLİ**

**TEZ DANIŞMANI**

**Doç. Dr. Filiz Bal KOÇYİĞİT**

**ANKARA, 2015**

**ATILIM ÜNİVERSİTESİ**

**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE**

Can YERLİ tarafından hazırlanan “Farklı Anlayışlarla Tasarlanmış Eğitim Alanlarındaki Sınıfların Hacim Akustiği Yönünden Değerlendirilmesi; Doğa Koleji ve İMKB Alparslan Ortaokulu Örneği” başlıklı bu çalışma, 16.06.2015 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.



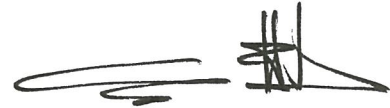
---

**Prof. Dr. Cüneyt ELKER (Başkan)**



---

**Doç. Dr. Filiz Bal KOÇYİĞİT (Danışman)**



---

**Dr. Göktürk GÜLTEK (Üye)**

## ETİK BEYAN

Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesi 'ne uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasını;

- Akademik ve etik kurallar çerçevesinde hazırladığımı,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

Aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

20.06.2015

Can YERLi



## ÖZET

Eğitim, toplumların gelişimindeki en önemli araçlardan biridir. Etkili bir eğitim, kaliteli iletişim ile mümkündür. İletişime etki eden faktörler arasında, bulunulan mekânın etkisi büyüktür. Akustik gelişimi tamamlanmış mekânlardaki işitsel konfor şüphesiz ki daha iyi iletişime sebep olacaktır. Ülkemiz okullarında, ön tasarım aşamasında akustik koşulların ihmal edilmesi, sınıflarda sağlıklı iletişim ortamının sağlanamamasına sebep olmaktadır. Bu çalışma eğitim yapılarının en önemli mekânı olan sınıflarda akustik konfor koşullarının önemi ile birlikte, kullanılan gereçlerin etkisini ortaya koymak amacı ile hazırlanmıştır. Araştırma kapsamı içinde ölçüm yapılmak üzere Ankara ili Çankaya ilçesinde bulunan iki okul seçilmiştir.

Araştırılmak üzere seçilen okullardan ilki özel okul, ikincisi ise M.E.B. bünyesindeki tip proje devlet okullarından biridir. Bu çalışmada seçilen okullara ait sınıflar, hacim akustiğine uygunlukları açısından, kullanılan iç yüzey gereçleri doğrultusunda araştırılmıştır. Yapılan çalışmada seçilen iki okuldaki hacim olarak benzer sınıflar, akustik ölçüm cihazları ile ölçülmüştür. Belirlenen sınıflarda konuşmanın anlaşılabilirliğinde önem taşıyan akustik parametreler olan çınlama süresi (RT), erken düşüş süresi (EDT), konuşmanın açıklığı ve netliği (C50), konuşmanın belirginliği (D50), konuşma iletim indeksi (STI) ve hızlı konuşma iletim indeksi (RASTI) ölçümleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda, kullanılan mobilya ve yüzey malzemelerinin, sınıflardaki akustik konfor koşullarına etkileri incelenmiş, yeni tasarlanacak ya da iyileştirme çalışması yapılacak sınıflarda konuşmanın anlaşılabilirliğinin optimum düzeylere çıkarılabilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** hacim akustiği, sınıf akustiği, eğitim yapıları, konuşmanın anlaşılabilirliği, mimari akustik

## ABSTRACT

Education is one of the most important tools for the development of societies. Efficient education can be possible with a qualified communication. Current spaces are great factor that effects communications. No doubt that auditory comfort in spaces with completed acoustic development provide better communications. Neglecting the acoustical conditions in preliminary phase of design lead to an unhealthy communication in schools in our country. This study is prepared to propound the effects of the acoustic comfort conditions in classrooms which are the educational structure's most important spaces and the material used. Within the scope of this study two schools in Ankara situated in Çankaya area have been chosen to make measurements.

First school chosen for the case study is a private school second is a public school depending on national education ministry especially for such regular type of projects. Selected schools have been researched by the classes' volume in terms of compliance with acoustic and in accordance with the inner surface of equipment. Similar volume classes chosen in both schools and they are measured with acoustic measuring devices. Such acoustic parameters like reverberation time (RT), early decay time (EDT), clarity (C50), distinctness (D50), speech transmission index (STI) and rapid speech transmission index (RASTI) which are significant for the intelligibility of speech has been taken into consideration for evaluation of the measurements taken in the determined classes. In accordance with the results, the impacts of furniture and surface materials on the acoustic comfort conditions are recovered in renewed or newly designed classrooms for revealing the most ideal level of speech intelligibility in classes.

**Key Words:** room acoustic, classroom acoustic, education structures, speech intelligibility, architectural acoustic

## TEŞEKKÜR

Akustik konusunda edindiğim tüm bilgi birikimimi borçlu olduğum, çalışmalarımnda bana yol gösteren, değerli bilgi ve tecrübelerinden yararlandığıım, desteğini her zaman hissettiğim kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Filiz Bal Koçyiğit'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda ki hacim akustiği ölçümlerini gerçekleştirmemi sağlayan cihazları kullanımıma sunduğu için Atılım Üniversitesi'ne teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca değerli bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Atılım Üniversitesi Öğretim Görevlisi Sayın Ferhat Eröz'e, yönlendirmeleri ve desteği ile Yüksek Lisans eğitimimde önemli katkıları olan kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Elif Güneş'e en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, hiçbir desteğini esirgemeyen ve bana hep güvenen sevgili Işıl Çakır'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                            |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                                                                  | I    |
| ABSTRACT .....                                                                             | II   |
| TEŞEKKÜR .....                                                                             | III  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                          | IV   |
| KISALTMALAR .....                                                                          | VII  |
| TABLolar LİSTESİ.....                                                                      | VIII |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                                                     | XI   |
| SEMBOL LİSTESİ.....                                                                        | XVI  |
| 1. GİRİŞ .....                                                                             | 1    |
| 1.1. Çalışmanın Önemi.....                                                                 | 2    |
| 1.2. Araştırmanın Yöntemi.....                                                             | 3    |
| 2. EĞİTİM YAPILARINDA İLETİŞİM .....                                                       | 4    |
| 2.1. Eğitim Yapılarının Tanımı .....                                                       | 4    |
| 2.2. Eğitim Yapılarında İletişimin Önemi.....                                              | 4    |
| 2.3. Eğitim Yapılarında Fiziksel Koşulların Etkileri .....                                 | 5    |
| 2.4. Sınıflarda Akustik Konfor Koşulları.....                                              | 5    |
| 3. HACİM AKUSTİĞİNDE İLETİŞİMİN KALİTESİNİ ÖLÇMEYE<br>YÖNELİK KULLANILAN PARAMETRELER..... | 7    |
| 3.1. Hacim Akustiği .....                                                                  | 7    |
| 3.2. Hacim Akustiğini Ölçmede Kullanılan Parametreler.....                                 | 7    |
| 3.2.1. Çınlama Süresi (RT) .....                                                           | 8    |
| 3.2.1.1. Sabine .....                                                                      | 10   |

|                                                                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.1.2. Eyring .....                                                                                                           | 11        |
| 3.2.1.3. Milington .....                                                                                                        | 13        |
| 3.2.2. Erken Düşme Süresi (EDT) .....                                                                                           | 18        |
| 3.2.3. Konuşmanın Belirginliği (D50) .....                                                                                      | 20        |
| 3.2.4. Sesin Açıklığı-Netliği (C80) .....                                                                                       | 25        |
| 3.2.5 Konuşmanın Açıklığı-Netliği (C50) .....                                                                                   | 27        |
| 3.2.6. Sinyal Gürültü Oranı (S/N Ratio) .....                                                                                   | 28        |
| 3.2.7. Konuşma İletim İndeksi (STI) .....                                                                                       | 32        |
| 3.2.8. Hızlı Konuşma İletim İndeksi (RASTI) .....                                                                               | 36        |
| 3.3. Arka Plan Gürültüsü .....                                                                                                  | 37        |
| <b>4. ÖRNEK OKULLAR: “DOĞA KOLEJİ ÇUKURAMBAR” VE “İMKB ALPARSLAN ORTAOKULU” ÖLÇÜM VE PLANLAMA İLGİLİ KABUL VE BİLGİLER.....</b> | <b>38</b> |
| 4.1. Okulların Seçilmesi .....                                                                                                  | 38        |
| 4.2. Ölçüm Yapılacak Sınıfların Belirlenmesi .....                                                                              | 40        |
| 4.3. Yapı Bileşenleri ve Malzeme Ölçeğinde İncelemeler .....                                                                    | 43        |
| 4.3.1. Doğa Koleji Çukurambar .....                                                                                             | 43        |
| 4.3.2. İMKB Alparslan Ortaokulu .....                                                                                           | 45        |
| 4.4. Ölçülecek Sınıflardaki Hacim Geometrileri .....                                                                            | 47        |
| 4.5. Kaynak ve Alıcı ile İlgili Kabuller .....                                                                                  | 47        |
| 4.6. Ölçüm Sırasında İzlenen Yöntem .....                                                                                       | 53        |
| 4.7. Sınıf Akustiğine Yönelik Uluslararası Standartlar .....                                                                    | 54        |

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5. BULGULAR VE YORUM</b> .....                                              | <b>56</b> |
| <b>5.1. Doğa Koleji Sınıfı için Yapılan Akustik Ölçümler</b> .....             | <b>56</b> |
| 5.1.1 Çınlama süresi (Reverberation Time – T30) .....                          | 56        |
| 5.1.2 Erken düşme süresi (Early Decay Time – EDT) .....                        | 58        |
| 5.1.3. Konuşmanın belirginliği (D50) .....                                     | 60        |
| 5.1.4. Konuşmanın açıklığı-netliği (C50) .....                                 | 62        |
| 5.1.5. Konuşma iletim indeksi (STI) .....                                      | 63        |
| 5.1.6. Hızlı konuşma iletim indeksi (RASTI) .....                              | 65        |
| 5.1.7. Arka plan gürültüsü .....                                               | 67        |
| <b>5.2. İMKB Alparslan Ortaokulu Sınıfı için yapılan akustik ölçümler</b> .... | <b>69</b> |
| 5.2.1. Çınlama süresi (Reverberation Time – T30) .....                         | 69        |
| 5.2.2. Erken düşme süresi (Early Decay Time – EDT) .....                       | 70        |
| 5.2.3. Konuşmanın belirginliği (D50) .....                                     | 71        |
| 5.2.4. Konuşmanın açıklığı-netliği (C50) .....                                 | 73        |
| 5.2.5. Konuşma iletim indeksi (STI) .....                                      | 75        |
| 5.2.6. Hızlı konuşma iletim indeksi (RASTI) .....                              | 77        |
| 5.2.7. Arka plan gürültüsü .....                                               | 78        |
| <b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....                                              | <b>81</b> |
| <b>KAYNAKÇA</b> .....                                                          | <b>84</b> |
| <b>EKLER</b> .....                                                             | <b>89</b> |

**KISALTMALAR**

|                                     |                                                                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>RT</b>                           | : ınlama süresi (Reverberation Time)                                            |
| <b>EDT</b>                          | : Erken Düşme Süresi (Early Decay Time)                                          |
| <b>S/N</b>                          | : (SNR) : Sinyal Gürültü Oranı (Signal to Noise Ratio)                           |
| <b>D50</b>                          | : Konuşmanın Belirginliği (Distinctness)                                         |
| <b>C80</b>                          | : Müzik için Netlik (Clarity)                                                    |
| <b>C50</b>                          | : Konuşma için Netlik (Clarity)                                                  |
| <b>STI</b>                          | : Konuşma İletim Göstergesi (Speech Transmission Index)                          |
| <b>RASTI</b>                        | : Hızlı Konuşma İletim İndisi (Rapid Speech Transmission Index)                  |
| <b>dB</b>                           | : Desibel, Ses Yükseklik Birimi                                                  |
| <b>dB<sub>A</sub></b>               | : A Ağırlıklı Desibel                                                            |
| <b>Hz</b>                           | : Hertz, Frekans Birimi                                                          |
| <b>ANSI</b>                         | : Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (American National Standards Institute)  |
| <b>DIN</b>                          | : Alman Standartları Enstitüsü (Deutsches Institut für Normung)                  |
| <b>AS/NZS</b>                       | : Avusturalya ve Yeni Zelanda Standartları                                       |
| <b>ISO</b>                          | : Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Standards Organization)  |
| <b>L<sub>aeq</sub></b>              | : Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Düzeyi (Equivalent Continuous Sound Pressure Level) |
| <b>L<sub>peak</sub></b>             | : C-Ağırlıklı ses pik düzeyi                                                     |
| <b>L<sub>A</sub>F<sub>max</sub></b> | : En yüksek (maksimum) A-Ağırlıklı ses basınç düzeyi                             |
| <b>L<sub>A</sub>F<sub>min</sub></b> | : En düşük (minimum) A-Ağırlıklı ses basınç düzeyi                               |

## TABLO LİSTESİ

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 3.1</b> : Bir okulun mekanlarında olması gereken çınlama süresi değerleri .....                                                           | 17 |
| <b>Tablo 3.2</b> : Farklı SNR ve T değerleri için, normal ve bozuk işitmeye sahip öğrencilerde algılama oranları .....                             | 31 |
| <b>Tablo 3.3</b> : Bazı ülkelerin kullandıkları hacimlere göre arka plan gürültü limitleri .....                                                   | 37 |
| <b>Tablo 4.1</b> : Doğa Koleji 6-B kaynak ve alıcı mesafeleri.....                                                                                 | 49 |
| <b>Tablo 4.2</b> : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K kaynak ve alıcı mesafeler .....                                                                    | 51 |
| <b>Tablo 4.3</b> : Bazı ülkelerin standartlarına göre sınıflardaki çınlama süresi ve arka plan gürültüsü değer aralıkları ve ölçüm kriterleri..... | 54 |
| <b>Tablo 5.1</b> : Doğa koleji 6-B sınıfı T30 ölçüm sonuçları .....                                                                                | 56 |
| <b>Tablo 5.2</b> : Doğa koleji 6-B sınıfı EDT ölçüm sonuçları .....                                                                                | 59 |
| <b>Tablo 5.3</b> : Doğa koleji 6-B sınıfı D50 ölçüm sonuçları.....                                                                                 | 60 |
| <b>Tablo 5.4</b> : Doğa koleji 6-B sınıfı C50 ölçüm sonuçları .....                                                                                | 62 |
| <b>Tablo 5.5</b> : Doğa koleji 6-B sınıfı STI ölçüm sonuçları.....                                                                                 | 64 |
| <b>Tablo 5.6</b> : Doğa koleji 6-B sınıfı RASTI ölçüm sonuçları .....                                                                              | 66 |
| <b>Tablo 5.7</b> : Doğa koleji 6-B Sınıfı Arka Plan gürültü düzeyi ölçümleri .....                                                                 | 68 |
| <b>Tablo 5.8</b> : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı T30 ölçüm sonuçları.....                                                                    | 69 |
| <b>Tablo 5.9</b> : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı EDT ölçüm sonuçları .....                                                                   | 70 |
| <b>Tablo 5.10</b> : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı D50 ölçüm sonuçları .....                                                                  | 72 |
| <b>Tablo 5.11</b> : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı C50 ölçüm sonuçları .....                                                                  | 74 |
| <b>Tablo 5.12</b> : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı STI ölçüm sonuçları .....                                                                  | 76 |
| <b>Tablo 5.13</b> : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı RASTI ölçüm sonuçları.....                                                                 | 77 |

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 5.14 :</b> İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı Arka Plan gürültü düzeyi ölçümleri .....     | 79  |
| <b>Tablo E.1 :</b> Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen T30 değerleri tablosu.....                    | 89  |
| <b>Tablo E.2 :</b> Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen EDT değerleri tablosu .....                   | 90  |
| <b>Tablo E.3 :</b> Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen D50 değerleri tablosu .....                   | 91  |
| <b>Tablo E.4 :</b> Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen C50 değerleri tablosu .....                   | 92  |
| <b>Tablo E.5 :</b> Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen STI değerleri.....                            | 93  |
| <b>Tablo E.6 :</b> Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen RASTI değerleri tablosu .....                 | 94  |
| <b>Tablo E.7 :</b> Doğa Koleji 6-B sınıfı için arka plan gürültü ölçümleri.....                      | 95  |
| <b>Tablo E.8 :</b> İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen T30 değerleri tablosu.....       | 95  |
| <b>Tablo E.9 :</b> İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen EDT değerleri tablosu.....       | 96  |
| <b>Tablo E.10:</b> İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen D50 değerleri tablosu.....       | 97  |
| <b>Tablo E.11:</b> İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen C50 değerleri tablosu.....       | 98  |
| <b>Tablo E.12:</b> İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen STI değerleri tablosu.....       | 99  |
| <b>Tablo E.13:</b> İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen RASTI değerleri tablosu .....    | 100 |
| <b>Tablo E.14:</b> İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıf için yapılan arka plan gürültü ölçümleri ..... | 101 |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                   |                                                                                                                     |    |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 3.1</b>  | : Çınlama zaman grafiği .....                                                                                       | 9  |
| <b>Şekil 3.2</b>  | : Konuşma için optimum çınlama süreleri .....                                                                       | 14 |
| <b>Şekil 3.3</b>  | : Ses kaynağı sustuktan sonra sesin sönümlenmesi .....                                                              | 15 |
| <b>Şekil 3.4</b>  | : İki farklı kelimenin zaman ve ses yüksekliği arasındaki ilişki.....                                               | 16 |
| <b>Şekil 3.5</b>  | : Uzun ve kısa EDT suresinin zamana bağlı grafiği .....                                                             | 19 |
| <b>Şekil 3.6</b>  | : $D_{50}$ - Anlaşılabilirlik ilişkisi .....                                                                        | 21 |
| <b>Şekil 3.7</b>  | : Erkek, kadın ve çocuk karşılaştıran ünlü ve ünsüz ses frekansları.....                                            | 24 |
| <b>Şekil 3.8</b>  | : Dar sesli ve geniş sesli harflerin erkek sesindeki frekansları.....                                               | 24 |
| <b>Şekil 3.9</b>  | : Sesli ve sessiz harflerin yaş ve cinsiyet ile karşılaştırılması .....                                             | 25 |
| <b>Şekil 3.10</b> | : RT ve Açıklık-Netlik ilişkisi .....                                                                               | 26 |
| <b>Şekil 3.11</b> | : Bir sınıfta arka plan gürültüsünün SNR ile ilişkisi.....                                                          | 28 |
| <b>Şekil 3.12</b> | : Öğretmenin ses seviyesine gürültünün etkisi .....                                                                 | 29 |
| <b>Şekil 3.13</b> | : Sınıflarda Sinyal Gürültü Oranının (S/N) anlatımı 30                                                              |    |
| <b>Şekil 3.14</b> | : Konuşmanın anlaşılabilirliği ve sinyal gürültü oranının değişik<br>çınlama süresi değerlerine göre değişimi ..... | 32 |
| <b>Şekil 3.15</b> | : Tasarım özellikleri verilen bir odanın, konuşma anlaşılabilirliği<br>önceliklerini gösteren genel şema .....      | 34 |
| <b>Şekil 3.16</b> | : STI 0-1 Aralığındaki değerlendirme cetveli.....                                                                   | 35 |
| <b>Şekil 3.17</b> | : Anlaşılabilirlik oranı ve STI arasındaki ilişki .....                                                             | 35 |
| <b>Şekil 3.18</b> | : STI ve RASTI aralıkları ve değerlendirmeleri .....                                                                | 36 |
| <b>Şekil 4.1</b>  | : Doğa Koleji Çukurambar .....                                                                                      | 38 |
| <b>Şekil 4.2</b>  | : Doğa Koleji Çukurambar Uydu Görüntüsü.....                                                                        | 39 |
| <b>Şekil 4.3</b>  | : İMKB Alparslan Ortaokulu.....                                                                                     | 39 |

|                   |                                                                                                                             |    |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.4</b>  | : İMKB Alparslan Ortaokulu Uydu Görüntüsü .....                                                                             | 40 |
| <b>Şekil 4.5</b>  | : Doğa Koleji Çukurambar 2. Kat Planı A ve B blok.....                                                                      | 41 |
| <b>Şekil 4.6</b>  | : Doğa Koleji Çukurambar 2. Kat 6-B sınıfı .....                                                                            | 41 |
| <b>Şekil 4.7</b>  | : İMKB Alparslan Ortaokulu 2. Kat Planı.....                                                                                | 42 |
| <b>Şekil 4.8</b>  | : İMKB Alparslan Ortaokulu 2. Kat 5-K Sınıfı .....                                                                          | 43 |
| <b>Şekil 4.9</b>  | : Doğa Koleji 6-B Sınıfı .....                                                                                              | 43 |
| <b>Şekil 4.10</b> | : Doğa koleji öğrenci dolapları .....                                                                                       | 44 |
| <b>Şekil 4.11</b> | : Doğa Koleji 6-B Sınıfı Tavan.....                                                                                         | 45 |
| <b>Şekil 4.12</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu döşeme.....                                                                                      | 46 |
| <b>Şekil 4.13</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı genel görünüş.....                                                                    | 46 |
| <b>Şekil 4.14</b> | : Doğa Koleji 6-B kaynak, alıcı ve arka plan gürültüsü<br>konumlandırılmasını gösteren örnek sınıf planı .....              | 50 |
| <b>Şekil 4.15</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K kaynak, alıcı ve arka plan gürültüsü<br>konumlandırılmasını gösteren örnek sınıf planı ..... | 52 |
| <b>Şekil 4.16</b> | : Brüel & Kjaer Dirac 5 hacim akustiği ölçüm düzeneği .....                                                                 | 53 |
| <b>Şekil 5.1</b>  | : Doğa koleji 6-B sınıfı T30 ölçüm sonuçları grafiği .....                                                                  | 57 |
| <b>Şekil 5.2</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfında kullanılan gereçler ve detaylar .....                                                           | 58 |
| <b>Şekil 5.3</b>  | : Doğa koleji 6-B sınıfı EDT ölçüm sonuçları grafiği.....                                                                   | 59 |
| <b>Şekil 5.4</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı D50 ölçüm sonuçları grafiği.....                                                                   | 60 |
| <b>Şekil 5.5</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı alıcı konumlarına göre 1000 Hz' deki D50<br>değerleri.....                                         | 61 |
| <b>Şekil 5.6</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı C50 ölçüm sonuçları grafiği .....                                                                  | 62 |
| <b>Şekil 5.7</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı 1000 Hz' deki ortalama C50 değerleri .....                                                         | 63 |
| <b>Şekil 5.8</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı STI cetvelindeki ortalama ölçüm sonucu .....                                                       | 64 |
| <b>Şekil 5.9</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı alıcı konumlara göre STI değerleri.....                                                            | 65 |

|                   |                                                                                           |    |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 5.10</b> | : Doğa Koleji 6-B sınıfı RASTI cetvelindeki ortalama ölçüm sonucu.                        | 66 |
| <b>Şekil 5.11</b> | : Doğa Koleji 6-B sınıfı alıcı konumlara göre RASTI değerleri .....                       | 67 |
| <b>Şekil 5.12</b> | : Doğa Koleji 6-B Sınıfı Arka Plan gürültü düzeyi ölçümleri.....                          | 68 |
| <b>Şekil 5.13</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı T30 ölçüm sonuçları grafiği..                       | 69 |
| <b>Şekil 5.14</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı EDT ölçüm sonuçları grafiği                         | 71 |
| <b>Şekil 5.15</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı D50 ölçüm sonuçları grafiği .                       | 72 |
| <b>Şekil 5.16</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı 1000 Hz'deki ortalama D50<br>değerleri.....         | 73 |
| <b>Şekil 5.17</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı C50 ölçüm sonuçları grafiği .                       | 74 |
| <b>Şekil 5.18</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı 1000 Hz'deki ortalama C50<br>değerleri.....         | 75 |
| <b>Şekil 5.19</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı STI cetvelindeki ortalama<br>ölçüm sonucu.....      | 76 |
| <b>Şekil 5.20</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu Alıcı konumlarına göre STI değerleri ...                       | 76 |
| <b>Şekil 5.21</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı RASTI cetvelindeki ortalama<br>ölçüm sonucu .....   | 77 |
| <b>Şekil 5.22</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu alıcı konumlarına göre RASTI<br>değerleri....                  | 78 |
| <b>Şekil 5.23</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı arka plan gürültü düzeyi<br>ölçümleri grafiği ..... | 79 |
| <b>Şekil E.1</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen T30 değerleri grafiği .....                         | 89 |
| <b>Şekil E.2</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen EDT değerleri grafiği.....                          | 90 |
| <b>Şekil E.3</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen D50 değerleri grafiği.....                          | 91 |
| <b>Şekil E.4</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen C50 değerleri grafiği.....                          | 92 |
| <b>Şekil E.5</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen STI değerleri grafiği.....                          | 93 |
| <b>Şekil E.6</b>  | : Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen RASTI değerleri grafiği .....                       | 94 |

|                   |                                                                                  |     |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil E.7</b>  | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen T30 değerleri grafiği .....   | 96  |
| <b>Şekil E.8</b>  | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen EDT değerleri grafiği .....   | 97  |
| <b>Şekil E.9</b>  | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen D50 Değerleri grafiği .....   | 98  |
| <b>Şekil E.10</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen C50 değerleri grafiği .....   | 99  |
| <b>Şekil E.11</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen STI değerleri grafiği .....   | 100 |
| <b>Şekil E.12</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen RASTI değerleri grafiği ..... | 101 |
| <b>Şekil E.13</b> | : Doğa Koleji 6-B sınıfı R1 alıcı konumu waterfall .....                         | 102 |
| <b>Şekil E.14</b> | : Doğa Koleji 6-B sınıfı R2 alıcı konumu waterfall .....                         | 102 |
| <b>Şekil E.15</b> | : Doğa Koleji 6-B sınıfı R3 alıcı konumu waterfall .....                         | 103 |
| <b>Şekil E.16</b> | : Doğa Koleji 6-B sınıfı R4 alıcı konumu waterfall .....                         | 103 |
| <b>Şekil E.17</b> | : Doğa Koleji 6-B sınıfı R5 alıcı konumu waterfall .....                         | 104 |
| <b>Şekil E.18</b> | : Doğa Koleji 6-B sınıfı R6 alıcı konumu waterfall .....                         | 104 |
| <b>Şekil E.19</b> | : Doğa Koleji 6-B sınıfı R7 alıcı konumu waterfall .....                         | 105 |
| <b>Şekil E.20</b> | : Doğa Koleji 6-B sınıfı R8 alıcı konumu waterfall .....                         | 105 |
| <b>Şekil E.21</b> | : Doğa Koleji 6-B sınıfı R9 alıcı konumu waterfall .....                         | 106 |
| <b>Şekil E.22</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R1 alıcı konumu waterfall...               | 106 |
| <b>Şekil E.23</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R2 alıcı konumu waterfall...               | 107 |
| <b>Şekil E.24</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R3 alıcı konumu waterfall...               | 107 |
| <b>Şekil E.25</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R4 alıcı konumu waterfall...               | 108 |
| <b>Şekil E.26</b> | : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R5 alıcı konumu waterfall...               | 108 |

**Şekil E.27** : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R6 alıcı konumu waterfall... 109

**Şekil E.28** : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R7 alıcı konumu waterfall... 109

**Şekil E.29** : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R8 alıcı konumu waterfall... 110

**Şekil E.30** : İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R9 alıcı konumu waterfall... 110

GCCRIS

## SEMBOL LİSTESİ

| <b>Sembol</b> | <b>Kavramı</b>                                            |
|---------------|-----------------------------------------------------------|
| $A$           | Eşdeğer yutucu alanı                                      |
| $V$           | Hacim                                                     |
| $S$           | Yüzey alanı                                               |
| $S_T$         | Toplam yüzey alanı                                        |
| $\bar{a}$     | Hacmin ortalama yutması                                   |
| $a_n$         | % olarak yutma katsayısı                                  |
| $S_n$         | $a_n$ yutma katsayısı olarak malzemenin alanı             |
| $L$           | Uzaklık                                                   |
| $S_i$         | i.Yüzeyin alanı                                           |
| $a_i$         | i.Yüzeyin yutuculuk katsayısı                             |
| $L_{SNapp}$   | Görünürdeki sinyal-gürültü oranı                          |
| $m$           | Modülasyon azaltım faktörü                                |
| $f$           | Frekans                                                   |
| $\bar{a}_E$   | Rasgele ses dalgalarının ortalama enerji yutucu katsayısı |
| $a^l$         | Yutuculuk eksponenti                                      |
| $T_e$         | Seyirci olmadığı zamanki erken düşme süresi               |

## 1. GİRİŞ

Modern okulların tarihine bakıldığında, geçmiş zamanlarda filozoflar tarafından soylu öğrencilere bire bir verilen eğitim, çoğalan öğrenci sayısı ve gelişen zamanla birlikte topluca eğitim verilen ortamlara taşınmıştır. Modern topluma geçişle birlikte, öğrencilerin eğitim aldıkları okul ve sınıflar böylelikle ortaya çıkmıştır. Bu modern okul ve sınıflar, gelişen teknoloji ve fiziki materyaller ile birlikte günümüzde hala kullanılmaktadır.

Ülkemizde okulların gelişimi tam anlamıyla tamamlanamamış olup, hâlâ birçok şehir ve bölgede yapım ve onarım çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışmalar M.E.B. tarafından yürütülmekte ve M.E.B.'in bu aşamada derslik sayılarına göre birçok tip projesi bulunmaktadır. Bunlar 4, 8, 12, 16, 20, 24, 32 ve 40 derslikli projelerdir. Bu projelerin her birinden de 3 farklı tip projesi bulunmaktadır. Projeler arasında bu denli fark olmasının sebepleri arasında yöresel nüfus farklılıkları, iklim koşulları, arsa parselasyonlarındaki farklılıklar, topoğrafya ve yerel mimari özellikler gibi birçok değişken bulunmaktadır. Tartışmaya açık olan bu konu, ülke genelinde verilen eğitimde standart olunamama gibi birçok olumsuz sonucu da beraberinde getirmektedir. Özel okullara bakıldığında ise durum biraz daha farklıdır. Sahip olunan arsaya, kişinin ya da vakfın isteğine veya zincir okulların özgün tasarımına göre durum şekillenmektedir.

Eğitim alanlarının en önemli mekânı olan dersliklerde, şüphesiz ki iletişim önemli bir yer teşkil etmektedir. Kaliteli eğitim için iyi ve sağlıklı bir iletişim ortamı başlıca gereklilikler arasındadır. Hathaway (1988), "Eğitsel Binalar" adlı makalesinin girişinde "Bizler ilk önce binaları şekillendiririz, sonra onlar bizleri şekillendirir." demektedir. Bu sebeple sınıflarda öğrencilerin ve öğretmenin arasındaki iletişim performansına yönelik araştırmalar gelecek nesillere katkısından dolayı önemlidir. Tasarım aşamasında akustik koşulları hesaba katmak bir mekânın konfor seviyesini büyük ölçüde artırabilirken, bunları göz ardı etmek, iletişim açısından sağlıklı mekânlara yol açmaktadır (Şentop, Beyazıt ve Altun, 2012). Erken aşamalarda alınacak tasarım kararları ile çok daha etkin çözümler üretilebilecekken projenin

ilerleyen aşamalarında beklenen performansı karşılamadığı anlaşılan yapı elemanlarını iyileştirmek daha maliyetli ve zor olmaktadır.

### 1.1. Çalışmanın önemi

Kalabalık sınıfların başlıca problemlerinden olan sağlıklı iletişim, öğrenci-öğretmen arasındaki eğitimin kalitesini etkilemektedir. Bir çalışmada Erdreich (1999) “ *Okumayı asla karanlık bir odada öğretmedik. Neden akustiği karanlık mekânlar 'da eğitim veriyoruz? Akustiği zayıf olan bir derslikte eğitim vermek ışık olmadan okuma yapmaya benzer. Kelimelerin anlaşılabilmesi de odanın akustik olarak karanlıkta olduğunu gösterir.*” demiştir (Allens, 2004). Doğru iletişimin öncelikleri arasında şüphesiz ki bulunulan ortamın etkisi yüksektir. Okullarımıza bakıldığında genelde ön tasarım aşamasında, doluluk anında olabilecek davranışların ihmal edilmesi bu tip sıkıntıların oluşmasında etkilidir. Mevcut okulların kısa zamanda yıkılıp gereğine uygun yapılmasının yüksek maliyetlere yol açacak olması, çalışmalarda mevcut yapıları ele alma zorunluluğunu ortaya koymuştur. Nasıl yapılabilir sorusu, problemin iletişimden kaynaklı olmasından dolayı akustik bilimini getirmiştir.

Sınıf akustiği yıllardan beri bir çalışma alanı olmasına rağmen, iyi ve kaliteli bir dinleme için gereksinimler ilk olarak Amerikan Mimarlık Enstitüsü tarafından 1898 yılında ortaya konmuş ve birçok okulda başarıyla uygulanmıştır (Allens, 2004). Benzer uygulamalar sadece sınıflar da değil, eksikliği son yıllarda daha çok fark edilmeye başlanılan bu durum, hacim akustiği önem derecesi yüksek yapılar olan meclis binaları, konferans salonları, tiyatro, sinema ve konser salonları gibi dinleyici salonlarında da görülmektedir. Birçok yapı ve salon artık akustik konfor koşullarına göre yapılmakta ya da bu koşula uygun olarak dönüşüme uğramaktadır.

Bu çalışma, geçmişte yapılan bazı eksiklikleri giderebilmek ve eğitimin kalitesini arttırmak için düşünülmüştür. Bu durumlar çerçevesinde doğru iletişimi sağlayabilmek ve sağlıklı bir eğitim ortamı oluşturabilmek için hacim akustiğinden faydalanmak amaçlanmaktadır.

## 1.2. Araştırma Yöntemi

Tezin amacı farklı anlayışlarla tasarlanmış iki okula ait sınıfların, farklı malzeme kullanımından kaynaklı hacim akustiği açısından değerlendirilmesidir. Bu araştırma doğrultusunda örneklem grubu olarak Ankara ili Çankaya ilçesinde bulunan, ilki bir özel okul olan Doğa Koleji Çukurambar, ikincisi ise bir devlet okulu olan İMKB Alparslan Ortaokulu'dur. Bu okulların seçilme sebebi kullanılan iç yüzey malzemelerinin farklı ve sınıfların birbirine benzer hacim ve şekillerde oluşudur. Örneklem grubundaki sınıflarda yerinde ölçüm yapılarak konuşmanın anlaşılabilirliği açısından önem taşıyan hacim akustiği parametreleri ile sınıfların akustik ölçümleri yapılmıştır.

Araştırma 2015 dönemi yarıyıl tatili sırasında, akustik ölçüm cihazları ile gerçekleştirilmiştir. Her sınıf için belirlenen 9 farklı alıcı noktalarından ölçümler yapılmıştır. Kaynak ve alıcı yükseklikleri; kaynak için tahta önünden 1.50 m mesafede, alıcılar için ise mevcut sıra konumlarına göre yerden 1.10 m mesafede ISO 3382-2 standartlarına uygun olarak yerleştirilmiş ve yine bu standarta göre ölçümler gerçekleştirilmiştir. Sınıflardaki alıcı noktalarının yerleri, sınıfların mevcut durumlarında yerleştirilen sıraların dağılımına göre belirlenmiştir. ISO 3382-2 standartında belirtilen alıcının yerden yüksekliği 1.20 m'dir fakat seçilen okullardan İMKB Alparslan, ortaokul olduğundan ve bu öğrenim türünü kapsayan öğrencilerin fiziksel boy özellikleri temel alınarak, kaynak konumu 1.10 m olarak belirlenmiştir. Bu durum çerçevesinde, araştırılmak istenin diğer okul olan Doğa Koleji'nin 2. Katında yer alan ortaokul katı seçilmiştir. İMKB Alparslan Ortaokulu'nda da ölçümler 2. Katta, Doğa Koleji'ne benzer bir sınıfta yapılmıştır. Ölçümlerde 6 adet konuşmanın anlaşılabilirliğinde önemi olan hacim akustiği parametresi, 9 alıcı noktasına göre ölçülmüştür.

## **2. EĞİTİM YAPILARINDA İLETİŞİM**

### **2.1. Eğitim yapılarının tanımı**

Okul, eğitim amacıyla kurulmuş özel bir ortamdır. Sınıf ise öğretmen ve öğrencilerin eğitsel amaçlara ulaşabilmek için kendilerinde var olan ve çeşitli iletişim araçlarıyla sağladıkları bilgi ve yaşantıları, uygun bir düzenlenişle paylaştıkları ortamdır. Bu paylaşım iletişimle olur. Amaçların gerçekleştirilmesi ise öğretmen ve öğrenciler arasında kurulan iletişimin niteliğine bağlıdır (Polat ve Kırıkkaya, 2004, s. 2).

### **2.2. Eğitim yapılarında iletişimin önemi**

Genel anlamda iletişim, katılanların, bilgi/sembol üreterek birbirlerine ilettikleri ve bu iletileri anlamaya, yorumlamaya çalıştıkları bir süreçtir (Dökmen, 1999, s.321).

Eğitim yapılarında hacim akustiğinin başlıca hedefi, sesin yeterli ve anlaşılabilir oranda alıcılara iletimini sağlamaktır. Bu durum sağlıklı iletişimi sağlayacağı gibi öğrencinin verim ve öğrenme isteğini artırabileceği düşünülmektedir. Eğitimde kaynak olan öğretmenlerin perspektifinden bakıldığında bu durum benzer özellikler taşımaktadır. Örneğin sınıflarda öğretmen tarafından anlatılanların rahatlıkla duyulabildiği ve öğrencilerin anladıklarını belli edebildiği sağlıklı bir iletişim ortamında, öğretmenlerin performans ve verimliliği yüksek düzeyde olacaktır. Bu durumun tersi durumlarda ise sağlıklı bir iletişim ortamından bahsedilemez. Sınıf gürültüsü sadece öğrencileri değil, öğretmenin performansını da etkilemektedir (Crook ve Langdon, 1974; Ko, 1979; Sargent vd., 1980). Ko' nun 1200 öğretmen üzerinde yaptığı araştırmalar sonucunda sınıf etkinlikleri ile ilgili gürültülerin, öğretilmekte aşırı yorgunluk ve tansiyon yükselmesi gibi sağlık sorunları oluşturması yanında, öğretme ve konuşma ile ilgili karışıklıklara da sebep olduğu ortaya konmuştur (Ko, 1979, s. 277-292).

Öğrenciler açısından ise bu olumsuz durum pek farklı değildir. Sağlıksız iletişimin öğrencilerde algılama kabiliyetinde azalma, dikkat dağınıklığı, derse ilginin azalması v.b. gibi olumsuz etkiler yaratmaktadır.

### **2.3. Eğitim yapılarında fiziksel koşulların etkileri**

Okulun amaçlarına ulaşabilmesi için etkin iletişimi sağlayacak bir fiziksel yapıya sahip olması gerekmektedir. Bu fiziksel yapı, eğitim etkinlikleri için ayrılan mekânın özelliklerini belirtir. Sınıfların fiziksel ortam değişkenleri; sınıftaki öğrenci sayısı, duvarların ve eşyaların renkleri, ısı, ışık, temizliği, görünümü ve gürültü düzeyi olarak kabul edilmektedir. Okulun ve sınıfın fiziksel düzeni, öğrencilerin sosyal ve iletişim davranışlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Sınıfın fiziksel yapısının düzensiz, iç karartıcı, havasız, gürültülü, sınıf dışı olumsuz uyarılara açık olması öğrenciyi olumsuz yönde etkilemektedir (Polat ve Kırıkkaya, 2004, s. 3).

### **2.4. Eğitim sınıflarında akustik konfor koşulları**

Temel işlevi konuşma olan mekânlarda, hacmin yetkinliği, büyük oranda konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilgilidir. Tüm dinleyicilerin, zorlanmadan, yorulmadan, konuşmayı eksiksiz ve doğru bir biçimde algılayabilmesi, o hacimde yeterli anlaşılabilirlik koşullarının, dolayısıyla işitsel konforun başlıca göstergesidir (Yüğrük, 1994).

Eğitim binaları ve okullardaki akustik konfor koşulları, eğitim kalitesinin artırılmasının yanı sıra öğrencilerin, öğretmenlerin ve personelin zihinsel ve fiziksel açılarından sağlığını etkilemektedir. İç akustik konforu sağlamak, eğitim kalitesinin artırılması için doğrudan bir faktördür (Kocyigit, 2014).

İşitme sisteminin yalnızca sesleri algılama da değil aynı zamanda odaklanılan sesteki diğer sesleri ayırmak gibi bir görevi vardır (Schiffman,2001). Bu bağlamda bir sınıfın akustik konfor koşullarına dikkat edilirken, kaynağın (öğretmenin) sesi odaklı hareket edilmesi ve dolaysız seslerden arındırılmış olması gereklidir. Özellikle arka plan gürültüsü, çınlama süresi ve birçok parametreyi etkilediğinden, izole mekânlar

oluşturulmasına dikkat edilmelidir. Sınıfın gürültü düzeyini belirleyici bir etmen de sınıfın akustik yapısından kaynaklanan çınlamadır. Çınlama, ses dalgalarının kapalı bir yerde sert yüzeylerden geri yansımaları ile sesin devam etmesi ya da sürüp gitmesi olarak tanımlanabilir (Locher ve Burger, 1964).

GCCRIS

### 3. HACİM AKUSTİĞİNİ VE İLETİŞİMİN KALİTESİNİ ÖLÇMEYE YÖNELİK TANIMLAR, FORMÜLLER

#### 3.1. Hacim akustiği

Akustik tasarımın ikinci bölümünü kapsayan hacim akustiği çalışmalarının temel amacı, gürültü kontrolü sağlanmış olan yapı iç hacimlerinde iyi anlaşılabilirlik kalitesinin sağlanması ve bu amaç için gerekli akustik koşulların oluşturulmasıdır. Bu, iç hacimde ses enerjisi dağılımının ve sönümünün arzulanan koşullarda oluşmasını sağlamakla gerçekleştirilir. Hacim akustiği kapsamında yapılan çalışmalar üç şekilde ele alınmalıdır;

a) İç hacimde homojen ses dağılımının oluşturulması.

b) İşleve bağlı olarak optimum çınlama zamanının gerçekleştirilmesi.

c) Dalga teorisi uygulanarak sesin, hacmin iç formuna bağlı olarak davranışının analizinin yapılması, hacmin tabii frekanslarının elde edilmesi ve verilere göre hacimde gerekli düzeltmelerin yapılması (Eröz,2012).

Hacim akustiği mekânda oluşturulan seslerin (konuşma-müzik) dinleyicilere uygun biçimde iletilmesidir. Eğitim yapılarında ise bu amaç daha büyük bir değer kazanmaktadır. İletişim konsepti üzerine kurulu bu yapılarda görsel algılamının yanı sıra işitsel algılamının etkinliği, konuşma ve konuşmanın anlaşılabilirliği konuları üzerinde daha ayrıntılı durulması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır (Özçevik, 2005).

#### 3.2. Hacim akustiğini ölçmede kullanılan parametreler

Geçmişte akustik bilimine katkıda bulunmuş birçok araştırmacının bulduğu, hacimsel anlamda temel amaç olan, mekânda akustik konforun oluşturulabilmesi ve hesaplanabilmesi için birbiri ile bağlantılı olarak bulunan bazı oran ve formüllerden yararlanılmaktadır.

### 3.2.1. Çınlama süresi (RT)

Bir hacimde anlaşılabilirlik ölçülmek istendiğinde en önemli hesaplama yöntemlerinden biri şüphesiz ki çınlama süresidir.

Wallis Clement Sabine tarafından 1895-1900 yılları arasında ortaya konan çınlama süresi parametresi sesin başlangıç değerinden 60 dB 'lık düşüş için geçen süre olarak tanımlanmaktadır.

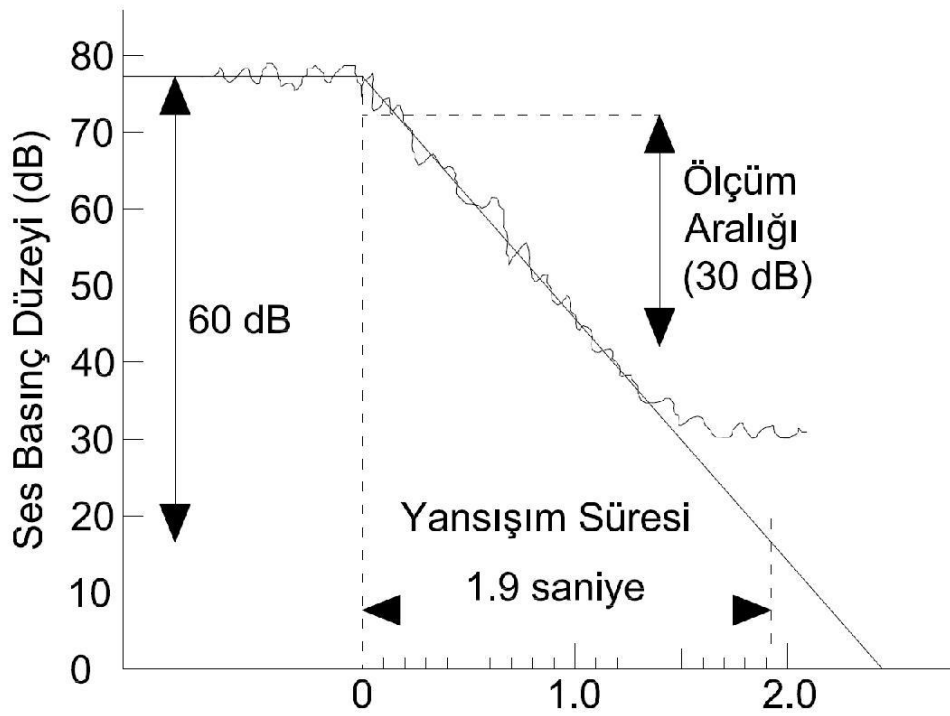
Çınlama süresinin genel formülü aşağıda ki gibidir:

$$RT = 0.161 \frac{V}{A} \quad (3.1)$$

RT : Çınlama süresi (sn)

V : Odanın hacmi (m<sup>3</sup>)

A : Toplam oda yutuculuğu ( Hacimdeki nesnelerin ve yüzeylerin toplam yutuculuğu)



Şekil 3.1 Çınlama süresi grafiği (Barron, 1993)

Yüksek fon gürültüsüne sahip ortamlar ölçülmek istendiğinde, kaynaktan çıkan ses düzeyinin, mekândaki fon gürültüsünün 60 dB üzerine çıkması her zaman mümkün olmayabilir. Bu durumlarda  $T_{60}$  genellikle ilk 30 dB'lik düşüş belirlenerek elde edilir. Bu değere  $T_{30}$  denir. Hesaplanan  $T_{30}$  değerinden  $T_{60}$  değerine ulaşmak için ise -5 ve -35 dB arasındaki düşüş süresi belirlenerek bulunan  $T_{30}$  değeri 2 ile çarpılır (Mehta, Jhonson ve Rocafort, 1999).

Bir hacmin çınlama süresi hesaplanmak istenildiği durumlarda Sabine, Eyring ve Millington gibi 3 farklı formülden yararlanılabilir. Bu 3 formülde hacmin ortalama yutuculuklarının değişik açıklardan ele alınmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu yöntemlerin hemen hepsinde çınlama süresi hesaplanarak hacim ve hacim yüzeylerinin ses yutma çarpanları, önemli etkenler olarak hesaba katılmasına rağmen en basit olanı “Sabine” formülüne göre çınlama süresi hesabıdır (Tunçer, 2011).

Sabine ve Eyring bağıntılarından hangisinin kullanılacağı bu bağıntılarla ilgili bir takım kabullere bağlıdır. Eyring bağıntısında tüm yüzeylerin yutma çarpanlarının eşit olduğu varsayılmıştır. Bu nedenle bu bağıntının doğru sonuç vermesi için hesaplamalarda bu duruma mümkün olduğunca yaklaşmak gerekir. Bunu yapmak için yutma çarpanları birbirinden çok uzak gereçlerden tek parçalı, büyük yüzeyler oluşturmaktan kaçınılmalı, bu gereçler küçük parçalar halinde kullanılmalıdır. Bu durum yapılarak, yutuculukların iç yüzeylere düzgün bir şekilde dağılmasını sağlayacaktır. Dışbükey yüzeyler kullanılarak sesin yayılmasını sağlamak da oluşacak peş peşe yansımalarla ortalama yutuculuğa ulaşmak için izlenebilir bir yoldur. Bu koşulu gerçekleştirmek uygulamada zor olsa da yüzeylerin yutma çarpanlarının küçük olduğu bazı hacimlerde bu bağıntının kullanılması daha doğru sonuçlar verir. Yutma çarpanlarının küçük olması, çınlama süresinin uzun olmasına neden olacak bu da hacimde oluşacak peş peşe yansımalarla yeterince yayınlık bir ses alanına ulaşılmasını sağlayacaktır (Sirel, 1981).

### 3.2.1.1. Sabine

Sesin hacim içinde ses ışınları değil de dalga halinde yayıldığını esas alan bu konuda ilk çalışmalar 20. yüzyıl başlarında W. C. Sabine tarafından yapılmıştır. Sabine çınlama süresinin normal oda sıcaklığı olan 20 °C' deki şu eşitlik ile hesaplamaktadır (Eröz,2012).

$$RT = \frac{k.V}{A} \quad k = \frac{24.1n10}{c_{20}} \quad (3.2)$$

$$RT = \frac{0.161.V}{A}$$

RT: Çınlama süresi (s)

V : hacim (m<sup>3</sup>)

A : S  $\bar{a}$

S : toplam yüzey (m<sup>2</sup>)

$\bar{a}$  : hacmin ortalama yutması

$c_{20}$  : 20 °C' de sesin hızı

k : sabit ve 0.161

Ancak hacimde çeşitli yutma katsayısına sahip yüzeyler bulunduğundan, ortalama yutma aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$\bar{a} = \frac{S_1 a_1 + S_2 a_2 + \dots + S_n a_n}{\Sigma S} \quad (3.3)$$

$a_n$ : % olarak yutma katsayısı

$S_n$ :  $a_n$  yutma katsayısı olarak malzemenin alanı

Çınlamanın olmadığı bir odada Sabine bağıntısı ile “0” sonucu elde edilmezken, Eyring bağıntısı doğru olan “0” sonucunu elde edilir (Long, 2006).

### 3.2.1.2. Eyring

Çınlama süresi ile ilgili diğer bir formül Eyring – Norris denklemdir. Burada Sabine tarafından ortaya konulmuş olan çınlama süresi eşitliği, Eyring tarafından geliştirilmiş ve hacminde oluşan çınlamaların ortalaması değerlendirilmektedir. Dikdörtgen planlı bir hacimde oluşan çınlamaların kat ettiği uzaklıkların ortalaması ile ilgili formül aşağıda verilmiştir (Kinsler, 2000, s339).

$$L_M = \frac{4V}{S} \quad (3.4)$$

burada; S: alan (m<sup>2</sup>)

V: hacim (m<sup>3</sup>)

L: uzaklık (m)

diğer bir deyişle, saniyedeki yansımaların sayısı,

$$N = \frac{cS}{4V} \quad (3.5)$$

Her yansıma sonrası, ses enerjisi ortalama  $(1-\bar{a}_E)$  faktörü kadar azalmaktadır. Burada,  $\bar{a}_{Ei}$  rasgele ses dalgalarının ortalama enerji kayıp değeri şu eşitlik ile ifade edilmektedir;

$$\bar{a}_E = \frac{1}{S} \sum_i S_i \bar{a}_{Ei} \quad (3.6)$$

$\bar{a}_{Ei}$  : rasgele ses dalgalarının yüzeylerinin kayıp değeri.

Bu nedenle, çınlama süresinin, ses enerjisinin 60 dB düşmesi için geçen zaman aralığı içinde toplam enerji zayıflaması  $(1 - a_E)^{NT}$  kadar olmaktadır ve eşitlik

$$10\log(1 - a_E)^{NT} = -60 \text{ olarak formülize edilir.} \quad (3.7)$$

Yukarda belirtilen N, T, çözümleri Eyring–Norris yansıım formülünü vermektedir;

$$RT = \frac{0,161V}{-S \ln(1 - \bar{a}_E)} \quad (3.8)$$

Burada,  $\bar{a}_E$ : rasgele ses dalgalarının ortalama enerji yutucu katsayısı,

Çınlama süresi, üzerinde durulması gereken en önemli faktörlerden birisidir (Eröz,2012).

### 3.2.1.3. Millington

Eyring eşitliğindeki gibi, mekanın toplam ses yutuculuğu 0,2 saniyeyi aştığında kullanılır. Mekandaki bütün yüzeylerin benzer akustik yalıtıma sahip olması durumu hariç, Eyring formülünden daha kısa periyotlar sağlama eğilimindedir (Bayazıt, 1999).

Bu yöntemde ortalama yutuculuk katsayısı değeri yerine, ortalama yutuculuk eksponenti ( $a^l$ ) değeri kullanılmaktadır. Böylelikle duvar üzerinde değişik yutuculuklara sahip bölgelerin ortalaması hesaba katılmaktadır. Yutuculuk eksponenti değeri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$a^l = \frac{1}{S_T} \sum_i S_i \ln(1 - a_i) \quad (3.9)$$

$a^l$ : Yutuculuk eksponenti

$S_T$ : Toplam yüzey alanı,  $m^2$

$S_i$ : i.Yüzeyin alanı,  $m^2$

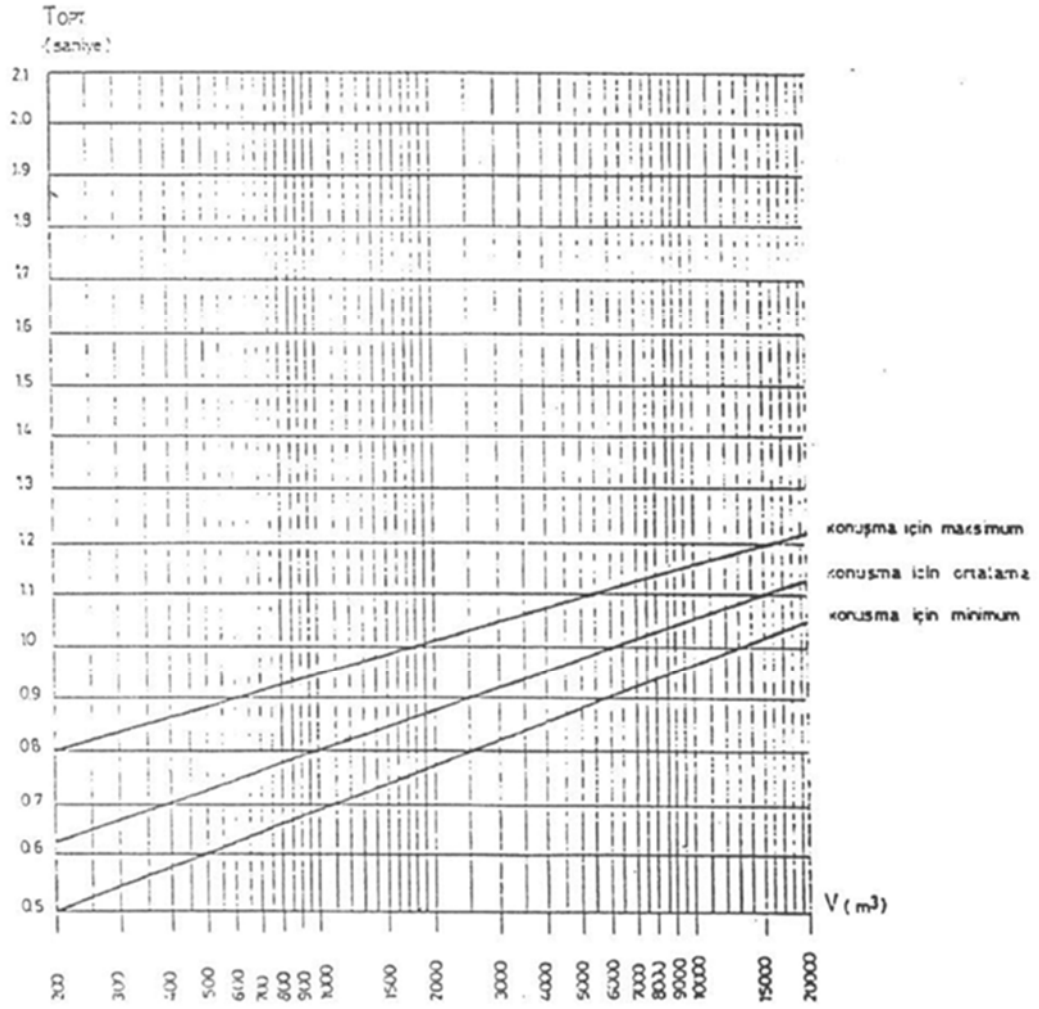
$a_i$ : i.Yüzeyin yutuculuk katsayısı

Yukarıdaki bağıntı kullanılarak hacmin toplam yutuculuğu aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$A = -\sum S_i \ln(1-a_i) \quad (3.10)$$

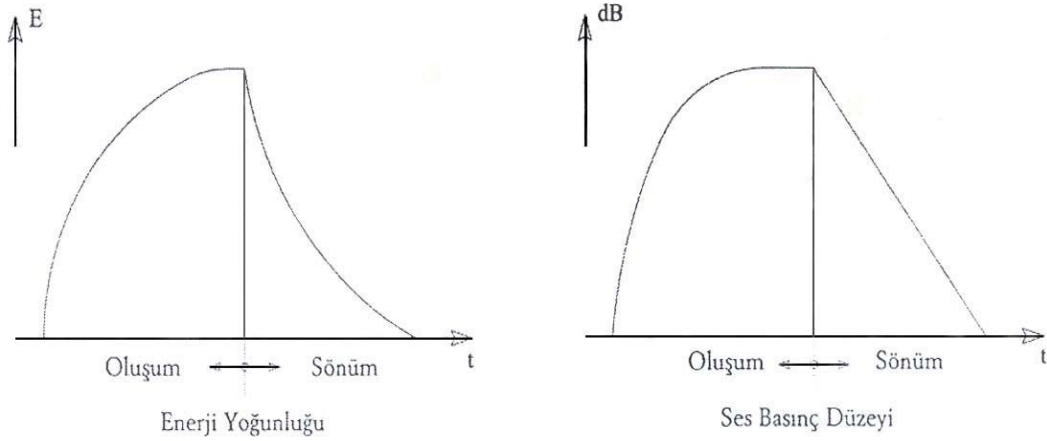
Ancak bu yöntemde duvarlardan birinin çok küçük bir parçasının bile yutuculuk katsayısının 1 olması durumunda bağıntısı ile hesaplanan değerler sınırsız bir şekilde büyümekte ve çınlama süresi sıfır çıkmaktadır. Bu nedenle sık kullanılan bir yöntem değildir (Bayazıt, 1999).

Çınlama süresi ölçmenin birçok nedeni vardır. Birincisi, gürültü kaynaklarından yayılan ses basınç düzeyi, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından yüksek derecede çınlama süresine bağlıdır. Birçok salonda, mevcut kişilerin sayısı çınlama süresi üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Çınlama süresi ölçümleri hacim boşken yapılmalıdır. Aksi belirtilmedikçe, bir salonda iki kişinin varlığının, salonun boş halini temsil etmesine izin verilebilir. Eğer ölçüm sonucu ölçülen ses basınç düzeyinin karşılaştırılması için kullanılacaksa, odada var olan kişilerin sayısı bu ölçüm için de aynı olmalıdır (ISO 3382-2, 2009). Bir hacmin kullanım amacına, fonksiyonuna göre optimum çınlama süreleri farklıdır. Hacimde konuşma işlevi ne kadar önemli ise optimum çınlama süresi o kadar düşük olmalıdır (Long, 2006).



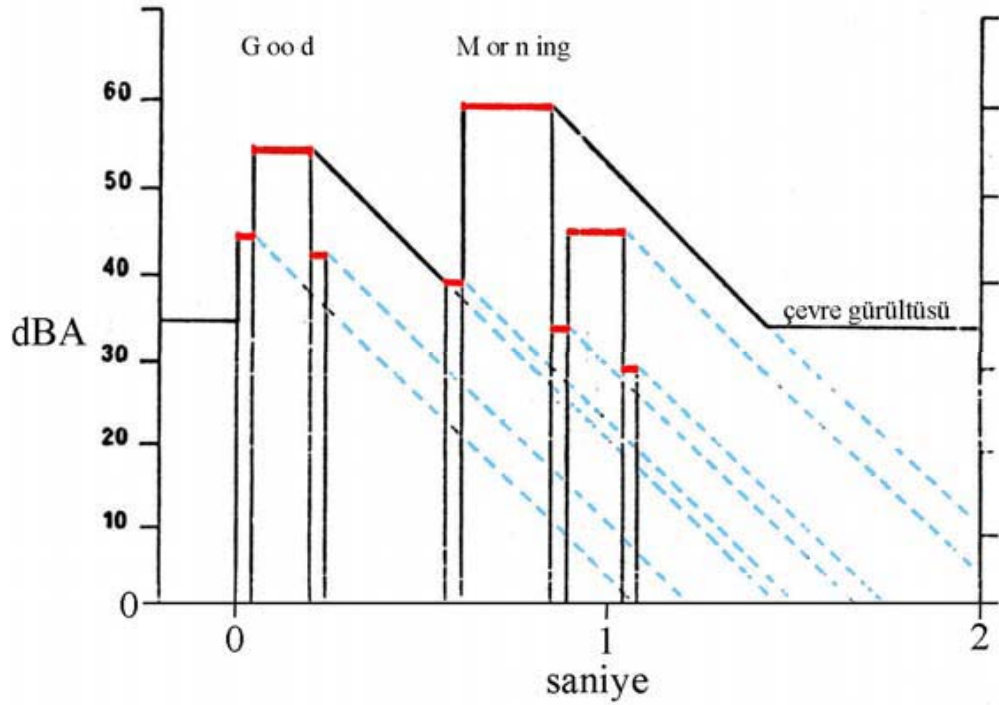
Şekil 3.2 Konuşma için optimum çınlama süreleri (Sirel, 1981).

Çınlama, sessiz harfleri maskeleyen sesli harflerin, spektral enerjisinin uzamasına neden olur. Sesli harfler daha büyük enerji bulundurur ve sessiz harflere göre daha uzun süreli olurlar. Bu durum özellikle, anlaşılabilirlikte temel etken durumunda olan yüksek frekanslardan oluşan sessiz harflerin algılanmasını engelleyeceğinden, konuşmanın anlaşılabilirliği ve iletim kalitesi azaltır (Crandel ve Smaldino, 2000).



Şekil 3.3 Ses kaynağı sustuktan sonra sesin sönümlenmesi (Ateş, 2007).

Şekil 3.4'e göre iki farklı kelimenin zaman ve ses yüksekliği arasındaki ilişki basitleştirilerek grafik üzerinde gösterilmiştir. Zaman ve her sesin gücü anlaşılır bir şekilde yatay kalın çizgilerle ifade edilmiştir. Çınlama süresinin uzun olduğu açıkça ortada olup, ilk gelen kelimenin çınlamayı ikinci ses veya sesleri büyük ölçüde maskeleymiştir. Öncelikle zayıf olan seste çok güçlü ünlü ses olduğu duruma dikkat edilmelidir. Şekil 3.3'deki grafik tekrar ele alınıp açık havada çınlamamanın olmadığı düşünülürse, eğimli çizgilerin tümü ihmal edilir ve herhangi bir maskeleyme gerçekleşmez. Çınlamanın çok fazla olduğu durumlarda, örneğin katedrallerde, çınlamanın zayıflamasını ifade eden eğimli çizgilerin açısı daha dik olur ve maskeleyme zamanı uzar. Fakat dikkat edilmelidir ki, konuşma anlaşılabilirliğinin olması için çınlama süresini oluşturulan iki ses arasında tamamlanıp kısa zamanda bitmesi istenir (Ateş, 2007).



Şekil 3.4 İki farklı kelimenin zaman ve ses yüksekliği arasındaki ilişki (Ateş, 2007).

Bir hacmin çınlama süresinin, o hacim için belirlenen seviyeden fazla olması durumunda, maskeleye olayı meydana gelir. Örneğin, bir sınıftaki aşırı çınlama, öğrencinin konuşmayı algılamasına engel olur ve sırayla gelen iki farklı sözcüğün ayrımında zorlanmasına neden olur. Sesli harfler, daha büyük enerji içerirler ve sessiz harflere oranla daha uzun süreli olurlar. Bu durum özellikle, anlaşılabilirlik temel etken durumunda olan yüksek frekanslardan oluşan sessiz harflerin algılanmasını engelleyeceğinden, konuşmanın anlaşılabilirliği ve iletişim kalitesi azalır (Crandel ve Smaldino, 2000). Eğitim yapıları gibi konuşma amaçlı hacimlerde çınlama süresi ve etkilediği diğer parametrelerin bazı standartlar ve akustik uzmanlar tarafından verilen optimum değerlerde tutulması gerekmektedir. Bu optimum değerlerde tutmanın yolu, kullanılan hacmi, kullanım özellikleri baz alınarak sınırlı tutmaktır. Birçok parametreyi etkileyen çınlama süresi hacim büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Aynı zamanda orta ve yüksek frekanslar için kullanılacak yutucu yüzey malzemeleri ile sesin çınlamasını engellenebilir. Düşük frekanslarda etkisi azalan yutucu yüzey malzemelerinin yerine ise rezonatörler kullanılabilir. Bir mekânda çınlamayı kontrol altına almak konuşmanın anlaşılabilirliğini olumlu yönde etkiler fakat bir diğer önemli durumda, sesin alıcılara iletimini sağlamaktır. Bu iletim sağlanırken mekânda, sesin

yansımaları ve saçılması veya her ikisi birden istenebilir. Fakat bu aşamaya geçmeden önce mutlak suretle sesin çınlanması önlenmelidir. Bir sınıftaki optimum koşullar bu yüzden de önemlidir. Araştırmacılar sadece sınıflarda değil, okul ölçeğinde araştırdıkları birçok mekân için çınlama süresi aralıkları belirlemişlerdir. Aşağıdaki Tablo 3.1’de Berg’e göre bir okulun mekanlarında olması gereken “T” değerleri verilmiştir.

| Mekânlar                                                                         | T değerleri |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Çocuk yuvası oyun odaları                                                        | < 0.6       |
| Çocuk yuvası sessiz odalar                                                       | < 0.6       |
| İlkokul sınıfları, sınıf zeminleri, genel öğretim alanları küçük grup odaları    | < 0.6       |
| Ortaokul sınıfları, genel öğretim alanları, seminer odaları, dil laboratuvarları | <0.8        |
| Açık planlı öğretim alanları                                                     | <0.8        |
| Açık planlı kaynak alanları                                                      | <1.0        |
| Müzik sınıfları,                                                                 | < 1.0       |
| Grup odaları                                                                     | 0.6 – 1.2   |
| Performans/resital odaları                                                       | 1.0 – 1.5   |
| Kayıt stüdyoları                                                                 | 0.6 – 1.2   |
| Kontrol odası                                                                    | <0.5        |
| 50 kişiden az konferans odaları                                                  | < 0.8       |
| 50 kişiden fazla konferans odaları                                               | < 1.0       |
| İşitme engelli çocuklar için tasarlanan konuşma terapi odaları                   | < 0.4       |
| Çalışma odaları                                                                  | < 0.8       |
| Kütüphaneler                                                                     | < 1.0       |
| Fen laboratuvarları                                                              | < 0.8       |
| Sanat odaları                                                                    | < 0.8       |
| Toplantı odaları, çok amaçlı salonlar                                            | 0.8 – 1.2   |
| Görsel/işitsel, video konferans odaları                                          | < 0.8       |
| Öğrenciler tarafından kullanılan avlu, hava dolaşımı hacimleri                   | < 1.5       |
| Kapalı spor hacmi                                                                | < 1.5       |
| Dans stüdyoları                                                                  | < 1.2       |
| Yüzme havuzu                                                                     | < 2.0       |
| Revir, sağlık odaları                                                            | < 0.8       |
| Yemek odaları                                                                    | <1.0        |
| Koridorlar, merdiven boşlukları                                                  | < 0.8       |
| Tuvaletler                                                                       | < 1.5       |

Tablo 3.1 Bir okulun mekanlarında olması gereken çınlama süresi değerleri (Berg,1993).

Çınlama süresi en önemli akustik parametrelerden biri olarak kabul edilmesine rağmen akustik açıdan yaygın bir ses alanına sahip hacimlerde, hacmin her noktası için sabit olması nedeniyle, değişik alıcı noktalarındaki farklı öznel algılamaların nedenini açıklamak için yeterli olmamaktadır (Bayazıt, 1999). Bu bağlamda konuşma amaçlı hacimlerde farklı akustik parametrelerden yararlanma gerekliliği söz konusudur.

### 3.2.2. Erken düşme süresi (EDT)

Erken düşme süresi, ses kaynağı kapatıldıktan sonraki ilk 10 dBA'lık düşüş için geçen süreye bağlı olarak konulan bir değişkendir. Bu konudaki ilk araştırmalar W.C. Sabine tarafından yapılmıştır.

Deneysel araştırmalara göre düşmenin ilk kısmı önemlidir. Düşmenin ilk kısmı canlılık ile ilişkilidir. T değeri yansımaların çoğunu içerdiğinden, EDT birbirinden farklı birkaç erken yansıma oluşturur. Erken yansımalar tanımlanabilir bir mekân yüzeyinden geldiği için EDT mekânın geometrisinden etkilenir. Kısa EDT sesin açıklığını, uzun T müziğin canlılığını sağlar. Yapılan ölçümler EDT'nin T den yaklaşık %10 büyük olduğunu göstermiştir. Okullarda tercih edilen ortalama EDT değeri yaklaşık 0,5-0,7 sn dir (Bayazıt, 1999).

$$T_{ort} = \frac{T_{500} + T_{1000}}{2} \quad (3.11)$$

$$EDT_{ort} = 1.1T_{ort} \quad (3.12)$$

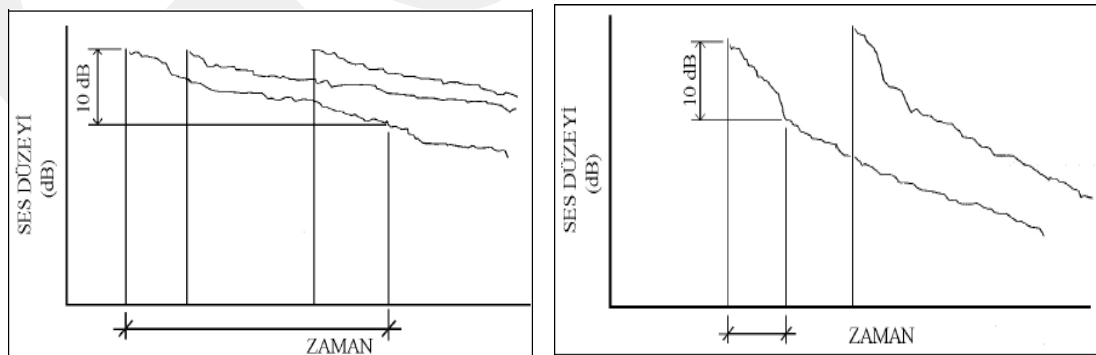
Erken düşme süresinin ölçümleri, çınlama süresi ölçümlerine göre, hacim içi doluluk oranından daha az etkilendiğinden, erken düşme süresi ölçümleri seyirci olmadan yapılır. Beranek'in 1999'da 52 salonda yaptığı araştırması ile ilgili veriler, seyirci olmadığı zamanki erken düşme süresi ile seyirci olduğu zamanki T30 arasında yaklaşık 0.3 saniye kadar bir fark olduğunu göstermiştir (Long, 2006).

$$T_e \cong T_{30-0} + 0.3 \text{ (saniye)} \quad (3.13)$$

$T_e$  = Seyirci olmadığı zamanki erken düşme süresi.

Konuşma ya da müzikte, sonradan gelen notalar ya da heceler çınlamaya bağlı olarak öncekini maskeleyeceğinden EDT, çınlama süresine göre daha gerçekçi bir parametredir (Teke, 2012). Beranek, salonların akustik kalitesini karşılaştırmada EDT 'nin daha önemli bir parametre haline gelmeye başladığını söylemiştir (Beranek ve Hougland, 1996).

Çınlama süresi parametresinin değerlendirilmesinde olduğu gibi erken düşme süresi parametresinde de hacmin işlevi ve hacim büyüklüğü önemlidir. Farklı işlev ve büyüklüğe sahip salonlar için önerilen değer aralıkları birbirinden farklı değerler almaktadır. Erken düşme süresi parametresi için önerilen değerler, çınlama süresine bağlı olmaksızın, salonlarda yapılan öznel ve nesnel incelemeler ve tecrübelerle dayanarak verilebilmektedir (Cavanaugh ve Wilkes, 1999). Atal, Schroeder ve Sessler'in 1965'te yaptığı çalışmalar göstermiştir ki ses düşüşünün başlangıç kısmı ile ilgili olan erken düşme süresi öznel algılama açısından çınlama süresinden (T30) daha önemlidir. Erken düşme süresi parametresi çınlama süresi ve netlik parametresiyle ilgisinin yanı sıra anlaşılabilirliği de etkilemektedir. Uzun ve kısa EDT süresinin anlaşılabilirliği nasıl etkilendiği Şekil 3.5'de görülmektedir. Uzun EDT süresi anlaşılabilirliği olumsuz, kısa EDT süresi ise seslerin net şekilde duyulmasına olanak sağlayarak anlaşılabilirliği olumlu yönde etkiler (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).



Şekil 3.5 Uzun ve kısa EDT süresinin zamana bağlı grafiği (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).

Ayrıca erken düşme süresi parametresi netlik ( $D_{50}$ ) parametresi ile bağlantılıdır. Erken düşme süresinin uzun olduğu durumlarda netlik parametresi ters orantılı olarak düşük değerler alır. 1990 yılında Cervone tarafından yapılan bir araştırmada, erken düşme süresi ile dinleyiciler tarafından değerlendirilen canlı konser salonu performansının akustik etkisi arasında bir bağlantı olduğunu göstermektedir (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).

### 3.2.3. Konuşmanın belirginliği ( $D_{50}$ )

Konuşmanın anlaşılabilirliğini ölçmede kullanılan en eski parametrelerden biri olan Ayırt Edilebilirlik 1953 yılında Thiele tarafından ortaya konulmuştur. Thiele, dolaysız sestten sonraki ilk 50 msn içinde alıcıya ulaşan yansımaların, konuşmanın belirginliğini ve konuşmanın anlaşılabilirliği açısından faydalı sesleri oluşturduğunu ortaya koymuştur. Bu faydalı yansılardan oluşan ses enerjisinin toplam ses içindeki oranını ortaya koymaya yönelik olarak geliştirilen  $D_{50}$ , 0,05ms'lik erken ses limiti için, erken ve geç yansımalar arasındaki ses enerjisinin logaritmik oranı (kaynak açıldıktan sonra 0-50msn ile 0-∞ msn zaman aralıklarında dinleyiciye ulaşan toplam ses enerjileri arasındaki oran) ile hesaplanabilmektedir. Aynı zamanda  $D_{50}$ , zamana bağlı lineer bir sistem olarak öngörülen hacmin impuls yanıtına bağlı olarak da hesaplanabilir (Özçevik, 2005).

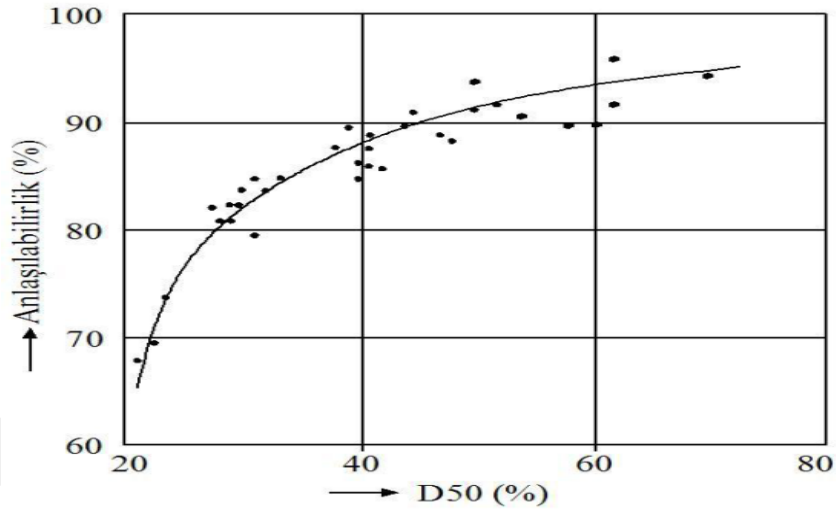
$D_{50}$ , konuşmanın öznel olarak anlaşılabilirliği konusunda bir belirleyici durumdadır. İyi bir işitsel çevrenin oluşabilmesi için  $D_{50}$  oranının %50 ve üzeri olması önerilmektedir (Templeton, 2001). Konuşmanın anlaşılabilirliğine katkıda bulunan ilk yansımaların zaman açısından sınırı, konuşma seslerinin süresi tarafından belirlenmiştir. Daha açık bir ifadeyle İngilizce de normal konuşma hızında bir saniyede 5 hece ya da başka bir deyişle sessiz-sesli-sessiz düzeni göz önünde bulundurularak bir saniyede 15 konuşma sesi çıkarılabildiği tespit edilmiştir. Buradan da ortalama bir değer olarak  $1000\text{ms}/15 = 66 \text{ ms}$  bulunmuştur. Konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilgili ölçümlerde 50-80 ms aralığındaki değerler kullanılmıştır (Kurtulan,2009).

$D_{50}$  Ayırt Edilebilirlik parametresi:

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \quad (3.14)$$

$p^2(t)$ = Ses basıncı, Pa

Eşitliği ile ifade edilmektedir. Bu eşitlikteki “p” değeri, alıcı noktasının “t” anındaki anlık ses basıncını göstermektedir. Şekil 3.6 ‘da ise Bore’un yapmış olduğu çalışmanın sonucu olan  $D_{50}$  parametresinin anlaşılabilirlik ile olan ilişkisi gösterilmektedir (Kuttruff, 1991).



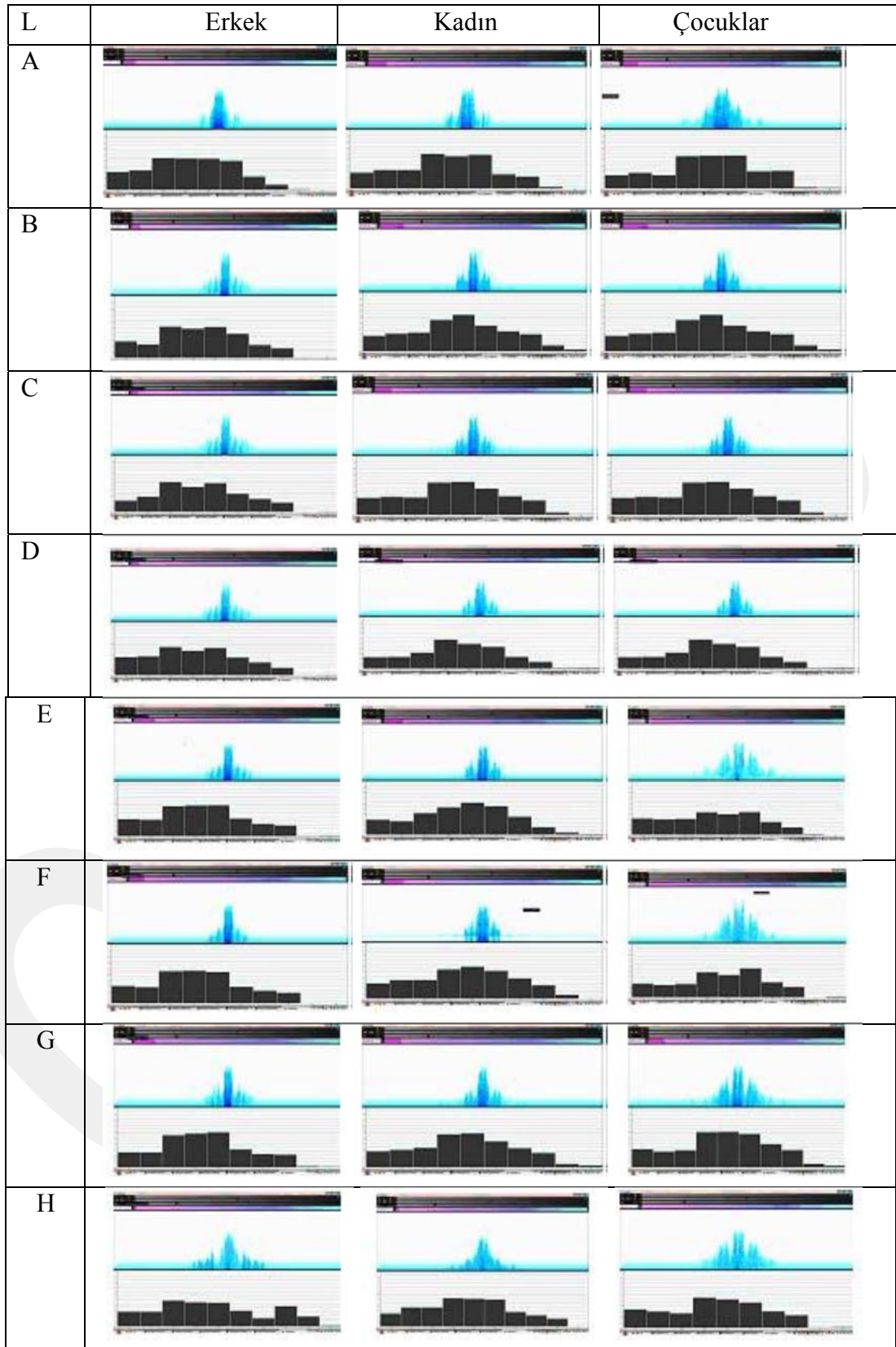
Şekil 3.6  $D_{50}$ - Anlaşılabilirlik ve ayırt edilebilirlik ilişkisi (Kuttruff, 1991).

Dinleyiciye geç ulaşan yansıyan ses enerjisi ve pek çok yansımaya oluşan enerji dönüşümleri, dolaysız sesi engelleyerek konuşmanın anlaşılabilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu bağlamda, geçen süre de sesin kat ettiği uzaklık belirleyici durumdadır. Uzaklık arttıkça konuşmanın anlaşılabilirliği ve  $D_{50}$  azalır. Bu yüzden derslik boyutları minimum koşullarda tutulmalı ve öğrencilerin her birine sesin olabildiğince eşit olarak ulaşması sağlanmalıdır (Anderson, 1997).

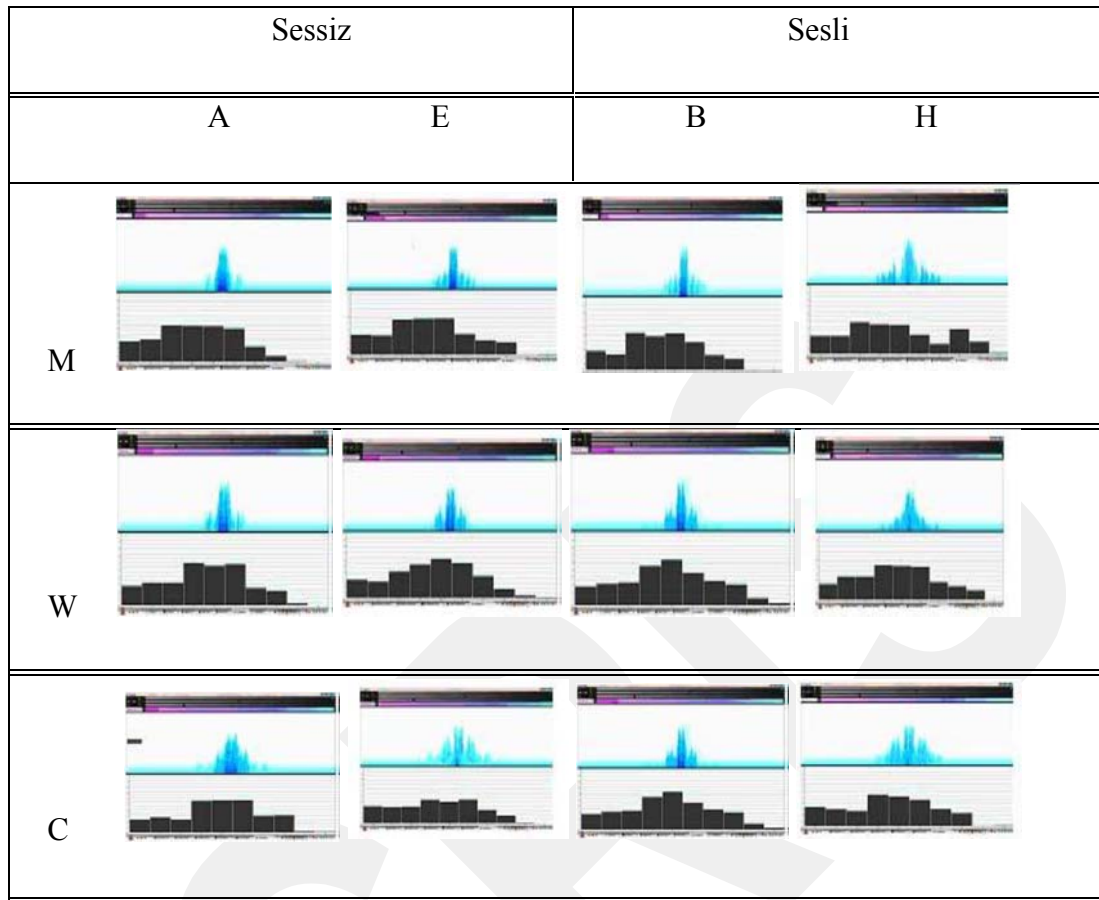
Sınıf içerisinde, öğrencinin kaynağa yakın olduğu uzaklıkta, dolaysız ses alanı daha hâkimdir. Öğrenci, öğretmenden uzaklaştıkça, yansıyan ses alanı hacme daha

hâkim olmaya başlar. Yansıyan ses alanı mekânda kabul edilebilir uzaklıkta başlar. Kabul edilebilir uzaklık, mekândaki dolaysız ses düzeyi ile yansımış ses düzeyinin birbirine eşit olduğu uzaklığı tanımlar. Öğrenci kabul edilebilir uzaklıktayken, yansımanın algılanabilirlik üzerindeki etkisi minimum düzeydedir (Cardinale ve Piccininni, 2003). Kabul edilebilir uzaklığın ötesindeki bu yansımalar, özellikle dolaysız sesle karışan yansımış sesteki yeterli spektral veya yoğunluk değişimini, konuşmanın algılanabilirliği yönünde olumsuz etkiler. Sonuç olarak tip dersliklerde maksimum algılanabilirlik için kabul edilebilir uzaklık, eğitimciye nispeten yakın olan uzaklıktır. Bu bağlamda dersliklerdeki her bir öğrenciye uygun dinleme ortamının sağlanması kolay değil fakat gereklidir (Crandel ve Smaldino, 2000).

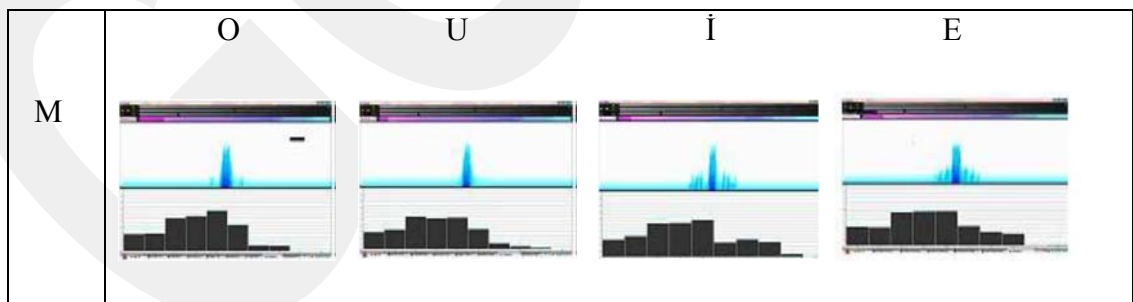
Konuşmanın anlaşılabilirliği genellikle sessiz harflerin anlaşılabilmesine bağlıdır. Yani sessiz harflere bastırarak ses yükseltmek anlaşılabilirlik açısından çok daha etkilidir. Örneğin 500 Hz'den daha düşük frekanslarda konuşmanın %7'lik kısmı anlaşılabilirlikte kullanılır. Fakat bu frekans 500 Hz'den daha yüksek ise konuşma %96'lık oranda anlaşılabilir. Bu yüzden anlaşılabilirlik sesin maskelenmesinden, sesin çınlamasından ve arka plan gürültüsünden etkilenir (Koçyiğit, 2010, s107-117).



Şekil 3.7 Erkek, kadın ve çocuk karşılaştıran ünlü ve ünsüz ses frekansları (Kocayigit, 2010, s107-117).



Şekil 3.8 Sesli ve sessiz harflerin yaş ve cinsiyet ile karşılaştırılması (erkek, kadın ve çocuk) (Kocyigit, 2010, s107-117).



Şekil 3.9 Dar sesli ve geniş sesli harflerin erkek sesindeki frekansları (Kocyigit, 2010, s107-117).

Şekil 1, 2 ve 3’de erkek, kadın ve okul çağındaki öğrencilere ait seslerin frekansları gösterilmektedir. Bu araştırmada kelimeler farklı harfler barındırdıklarından yalnızca harfler test edilmiştir. Ses yoğunluk rakamları sabit tutulmuştur (Kocuyigit, 2010, s107-117).

Ayırdelebilirlik ( $D_{50}$ ) parametresi, netlik ( $C_{80}$ ) parametresi gibi çınlama süresi ( $T_{30}$ ) parametresi ile ters orantılıdır. Her hacim için kullanılan  $C_{80}$  ve  $D_{50}$  parametre değerleri farklıdır. Birçok parametrede olduğu gibi bu parametrelerde de hacmin işlevine göre olan değer aralıklarında biçimlendirme yapılmalıdır.

### 3.2.4. Sesin açıklığı-netliği ( $C_{80}$ )

İlk olarak 1953 yılında Thiele tarafından ortaya konulan ve dolaysız sestem sonraki ilk 50 ms ile belirlenen ayırdelebilirlik ( $D_{50}$ ) parametresine dayanılarak üretilmiştir. Konuşmanın niteliğinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Daha sonra 1975’ Reichardt, müzik için erken ses sınırının 80 ms’lik zaman aralığı olmasının daha uygun olacağı önerisinde bulunmuş ve netlik ( $C_{80}$ ) parametresi elde edilmiştir. Netlik aşağıdaki denklem ile ifade edilir (Barron, 1993).

$C_{80} = ( \text{Erken enerji} - \text{Çınlayan enerji} )$

$$C_{80} = ( \text{Enerji}_{0-80} - \text{Enerji}_{80-\infty} ) \quad (3.15)$$

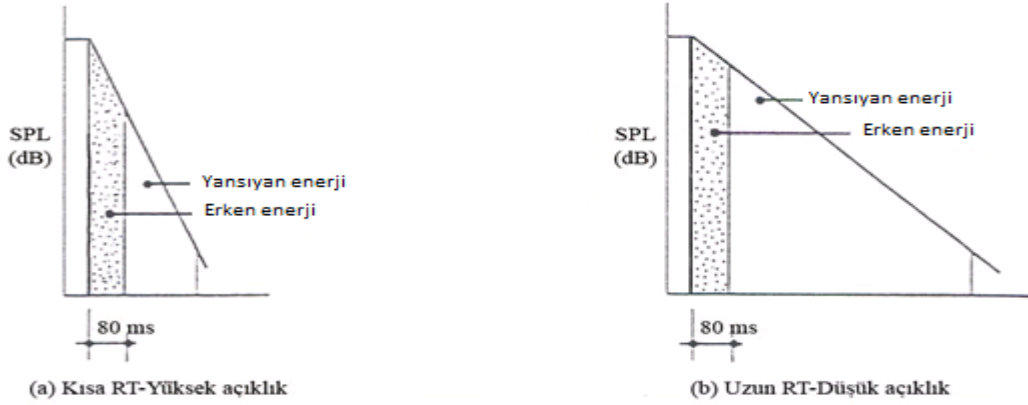
Açıklık indeksi olarak adlandırılan parametre aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir:

$$C_{80} = 10 \log \left[ \frac{\int_0^{0,08} p^2(t) dt}{\int_{0,08}^{\infty} p^2(t) dt} \right] \quad (3.16)$$

$C_{80} = \text{Netlik, dB}$

Bir hacimde sesin algılanabilirlik limiti alınan sinyalin karakterine bağlıdır ve müzik için bu değer konuşmanınkinden daha uzundur. Reichardts müziğin net ve açık bir şekilde algılanabilmesi için gereken sürenin 80 ms olduğunu belirlemiş ve

Thiele'nin geliştirdiği konuşmanın belirginliği parametresi yerine, müziğin netliği,  $C_{80}$  parametresini ortaya koymuştur.  $C_{80}$  değereri, ilk yansımaların hem zamana bağlı olarak incelenmesini sağlamakta hem de sprektral algılama üzerinde etkili olmaktadır. (Ateş, 2007).



şekil 3.10 RT ve Açıklık-Netlik ilişkisi (Mehta, Jhonson ve Rocafort, 1999).

Yukarıdaki şekillerde T ve Açıklık-Netlik arasındaki ilişki (a) koyu olarak gösterilen erken enerji, toplam enerjinin büyük bir sağılmasıdır ve büyük bir netlik değereri verir. (b) Koyu gösterilen erken enerji toplam enerjinin küçük bir sağılmasıdır ve düşük bir netlik değereri verir (Mehta, Jhonson ve Rocafort, 1999).

Netlik ( $C_{80}$ ) parametresi çınlama süresi ( $T_{60}$ ) parametresi ile ters orantılıdır. Çınlama süresi arttıkça yansımış ses artacak ve 0-80 ms arasındaki enerji, 60 dB'lik düşüş içinde daha küçük bir bölüme denk geleceğinden, erken ses enerjisi azalacaktır (Mehta, Jhonson ve Rocafort, 1999). Çınlamanın olmadığı durumlarda  $C_{80}$  pozitif değererler alırken, çınlamanın yüksek olduğu durumlarda negatif değererler almaktadır. Erken ve geç ses enerjileri eşitse  $C_{80} = 0$  dB değererini alır. Beranek'in 1996 yılında yaptığı çalışmada  $C_{80}$  için uygun değer aralığı -4dB ile +4 dB arasında değişmekte iken Barron'a (1993) göre bu aralık -2dB ile +2 dB arasında değişmektedir (Kurtulan, 2009).

### 3.2.5. Konuşmanın açıklığı-netliği ( $C_{50}$ )

Konuşmanın anlaşılabilirliği açısından erken sesin zaman sınırı 50 ms alınmaktadır.  $C_{80}$  parametresinin formülünde kullanılan 80 ms yerine 50 ms kullanılmasıyla konuşmanın anlaşılabilirliğinde de kullanılabilen  $C_{50}$  parametresi elde edilmiş olur.

Tanımlama ölçümü olan  $C_{50}$  için örnek oluşturan bir oda-akustik kuralı yoktur. Konuşma anlaşılabilirliği ve tanımlama ölçümü  $C_{50}$  arasındaki nitel ilişkiyle oluşturulan değerlendirme kuralları buna karşın bilinmektedir. Bu kurallar, hece anlaşılabilirliğinin %80'in altına düşmesinden kaçınmak için  $C_{50}$ 'nin  $\geq -2$  dB olması gerektiğini gösterir. Cümle anlaşılabilirliği (metin anlaşılabilirliği), bununla birlikte, içeriği hece anlaşılabilirliğinden daha yüksek olması yardımıyla, hala yaklaşık sonuca varır. %95  $C_{50} = -2$  dB değeri, iyi bir konuşma veya metin anlaşılabilirliği için "kabul edilebilir" taban sınır değeri olarak addedilir (Aktı, 2014). Aşağıdaki şekilde formülize edilir:

$$C_{50} = 10 \log \left[ \frac{\int_0^{0,05} p^2(t) dt}{\int_{0,05}^{\infty} p^2(t) dt} \right] \text{ dB} \quad (3.17)$$

$C_{50}$  parametresi doğrudan  $D_{50}$  parametresi ile de ilişkilidir ve aralarındaki ilişkiyi gösteren denklem aşağıdaki gibidir.  $C_{50}$  parametresi, çınlama süresi parametresi ile ters orantılıdır.

$$C_{50} = 10 \log \left( \frac{D_{50}}{1-D_{50}} \right) \text{ dB} \quad (3.18)$$

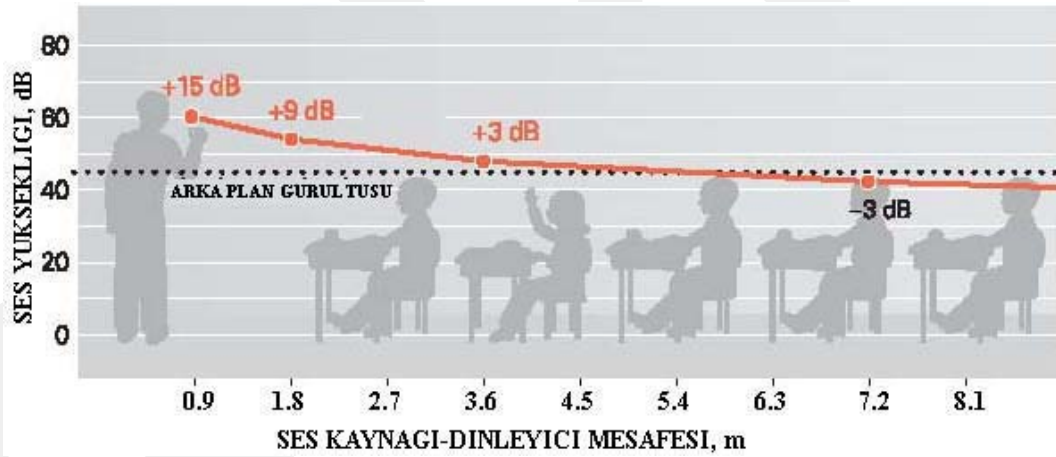
$C_{50}$  ve  $D_{50}$  parametreleri arasındaki bu ilişkiden ötürü akustik ölçümler sırasında sadece birinin ölçülmesi yeterlidir. Biri, diğerinin bilinmesiyle hesaplanabilir (ISO 3382-2, 2009).

### 3.2.6. Sinyal gürültü oranı (S/N Ratio)

Sinyal-gürültü oranı, konuşmanın anlaşılabilirliği ölçmede kullanılan önemli parametrelerden biridir. Sinyal ve gürültü basınç değerleri arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır ve aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanır.

$$S/N = L_{sinyal} - L_{gürültü} \quad (3.19)$$

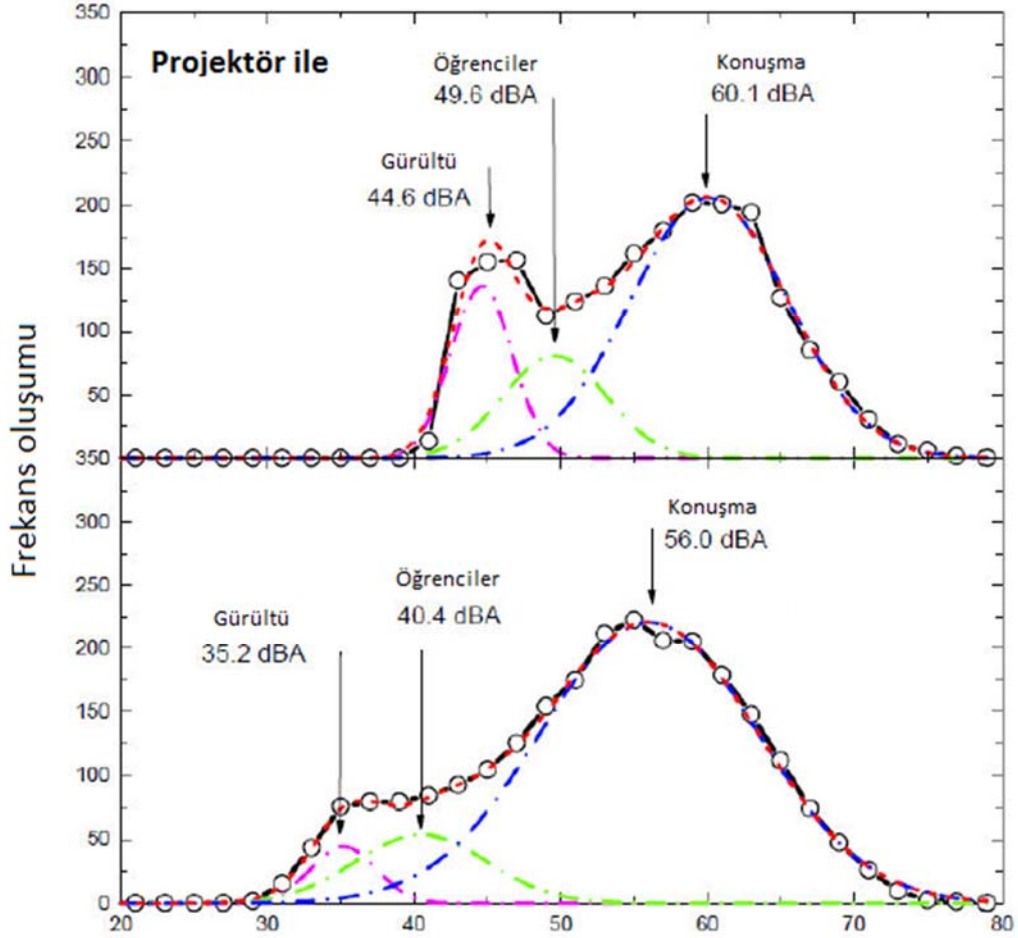
Bradley'e göre sınıflarda istenen  $SNR \geq +15dB$  olmalıdır. Öğrencilerin, konuşma algılanabilirliği iyi olması için yüksek SNR değerleri gerekmektedir. Birçok araştırma, genç dinleyicilerin kendilerinden daha yaşlı dinleyiciler ile aynı konuşma algılamasına erişmeleri için daha iyi sinyal-gürültü oranlarına ihtiyaç duyduklarını göstermiştir (Bradley, 2004).



Şekil 3.11 Bir sınıfta arka plan gürültüsünün SNR ile ilişkisi (Vallet, 2000).

Alıcı noktasındaki sinyal seviyesi, kaynağın ses seviyesi ile ilgilidir. Sınıflarda öğretmenlerin genel eğilimi, arka plan gürültüsünü perdellemek için ses seviyelerini yükseltmektir. Bu etkiye “Lombart Etkisi” denir (Köse, 2010).

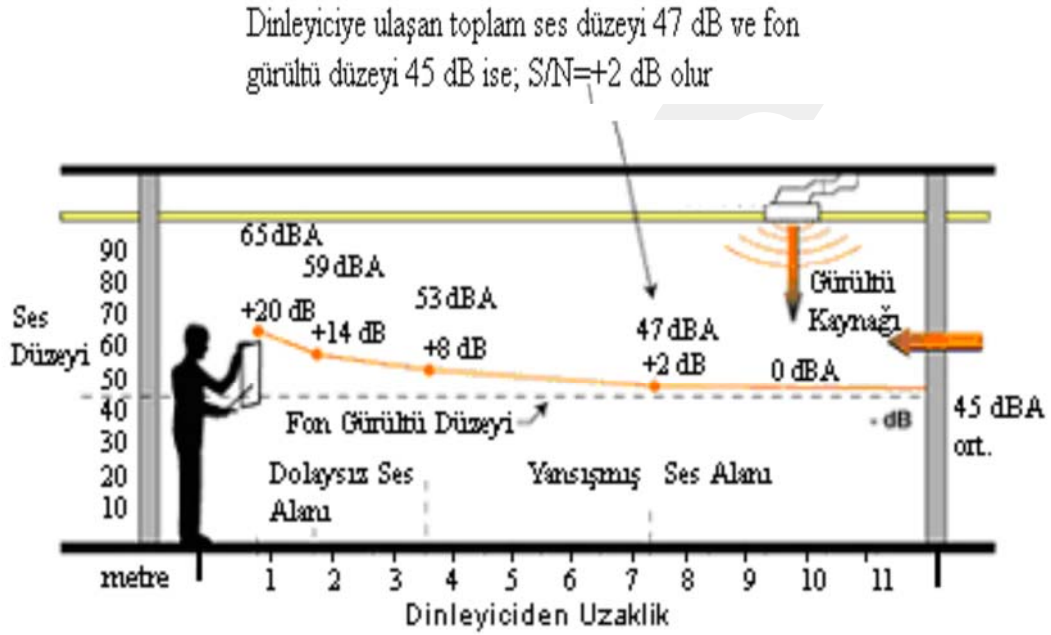
Öğrencilerin olmadığı bir okulda, sınıflarda sadece gürültü ve istenmeyen sesler mevcuttur. Ancak, öğrencilerin olduğu bir okulda sinyal, istenen ses, gürültüye eklenmektedir. Sinyal genellikle öğretmen konuşması olarak karşımıza çıkar ama bireysel olarak konuşan öğrenciler de sinyal olarak değerlendirilebilir (Berg,1993). Sinyal ile gürültü arasındaki bu durum görsel olarak aşağıdaki şekilde örneklenebilir.



Şekil 3.12 Öğretmenin ses seviyesine gürültünün etkisi (Bradley,2002).

Daha büyük SNR, konuşmanın daha iyi anlaşılabilmesi demektir. Eğer SNR negatif ise (örneğin arka plan gürültüsü öğretmenin sesinden yüksek ise) öğretmen daha zor anlaşılacaktır. Sinyal ve gürültü değiştiğinde SNR de oda boyunca değişir. Tipik olarak SNR, öğretmenin sesinin en az değere indiği sınıfın gerisi ya da bir duvar yanı ya da havalandırma gibi gürültü kaynağının yakınlarında, gürültü düzeyinin en

yüksek olduğu yerlerde en düşüktür. Sinyal gürültü oranı +10 dB'den düşük sınıflarda yapılan araştırmalar, konuşmanın anlaşılabilirliğinin ortalama duyma yetisine sahip çocuklarda önemli ölçüde azaldığını göstermektedir. Bazı işitme sorunları olan çocuklar en az +15 dB SNR oranına ihtiyaç duyarlar (Gürel, 2007).



Sekil 3.13 Sınıflarda Sinyal Gürültü Oranının (S/N) anlatımı  
([http://www.acousticalsurfaces.com/acoustic\\_IOI/101home.htm](http://www.acousticalsurfaces.com/acoustic_IOI/101home.htm))

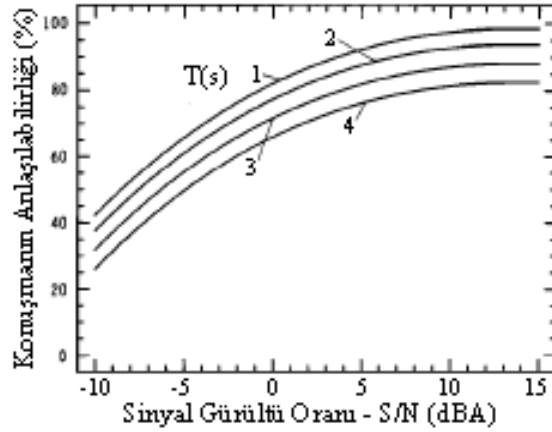
Dolu sınıflardaki ses düzeyleri, gürültü düzeylerinin ya da sinyal ile gürültü düzeylerinin birleşimi olarak ifade edilir. Eğitim yapılarındaki sınıfların birbiri arasındaki dağılımları genellikle bitişik olarak şekillenmektedir. Komşu hacimler birbirlerinden gürültü bünyesinde etkilenmektedir. Okulların tasarım aşamasında, bitişik hacimler arasında depo ya da temizlik odası gibi sık kullanılmayan hacimlerin olmasını sağlamak bu etkiyi azaltacaktır. Sınıflarda genellikle istenen  $SNR \geq +15$  dB olmaktadır. Öğretmenlerin iyi oranda konuşma anlaşılabilirliğinde konuşması için daha yüksek SNR değerleri gerekmektedir. Birçok araştırma, genç dinleyicilerin kendilerinden daha yaşlı dinleyiciler ile aynı konuşma anlaşılabilirliğine erişmeleri için daha iyi sinyal-gürültü oranlarına ihtiyaç duyduklarını göstermiştir (Bradley, 2004).

Finitzo-Heiber tarafından yapılan çalışmalarda, farklı SNR oranlarında ve farklı çınlama süreleri için, işitme duyusu sağlıklı ve düzensiz olan öğrenciler üzerinde yapılan araştırmalar sonucu elde edilen bulgular Tablo 2.2 'de verilmiştir. Görüldüğü gibi, yüksek fon gürültüsünün ve uzun çınlama sürelerinin hâkim olduğu sınıflarda, konuşmanın anlaşılabilirliği, normal işitme duyusuna sahip öğrenciler için %29,7 iken, daha düşük fon gürültüsü ve kısa çınlama süreleri için %76,5'e kadar çıkabilmektedir. Bu durum, okullarda ve özellikle sınıflarda, arka plan gürültü düzeyinin önemini ortaya koymaktadır (Avşar, 2002).

| S/N oranı | RT=0,0 (sn)   |              | RT=0,4 (sn)   |              | RT=1,2 (sn)   |              |
|-----------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|           | Normal işitme | Bozuk işitme | Normal işitme | Bozuk işitme | Normal işitme | Bozuk işitme |
| Sessiz    | 94,5%         | 83,0%        | 92,5%         | 74,0%        | 76,5%         | 45,0 %       |
| +12       | 89,2%         | 70,0%        | 82,8%         | 60,2%        | 68,8%         | 41,2 %       |
| +6        | 79,7%         | 59,5%        | 71,3%         | 47,7%        | 54,2%         | 27,0 %       |
| 0         | 60,2%         | 39,0 %       | 47,7 %        | 27,8 %       | 29,7 %        | 11,2 %       |

Tablo 3.2 Farklı SNR ve T değerleri için, normal ve bozuk işitmeye sahip öğrencilerde algılama oranları (Avşar, 2002).

Çınlama süresi ve sinyal gürültü oranı ilişkisini ortaya koyan çalışmaları incelediğimizde, konuşmanın anlaşılabilirlik oranı %80 olması için sinyal gürültü oranı, T30 1 saniye olduğunda -1,5 dBA, 3 saniye olduğunda 3,5 dBA, 4 saniye olduğunda ise 7,5 dBA olarak belirlenmektedir (Bradley, 1986).



Şekil 3.14 Konuşmanın anlaşılabilirliği ve sinyal gürültü oranının değişik çınlama süresi değerlerine göre değişimi (Bradley 1986).

Ükelere göre toplumdaki kişilerin özellikleri, kültür birikimleri, alışkanlıkları, sosyal- ekonomik yapılarına bağlı olarak S/N oranının optimum değerleri 10 ile 15 dB olarak çeşitlilik göstermektedir. Ancak genel kabulle, iyi anlaşılabilirlik açısından hacimde bulunan her dinleyici için, ortalama konuşma düzeyinin ortalama fon gürültüsü düzeyinden en az 15 dB fazla olması ve dolaysız ses düzeyinin oranı yüksek bir ses algılaması istenir ( $S/N \geq 15$  dB) (Karabiber, 1987).

### 3.2.7. Konuşma iletim indeksi (STI)

Bu parametre, konuşma anlaşılabilirliğini tahmin etmede fazlasıyla desteklenmiştir ve yerinde ölçülebilir bir parametredir. STI, anlaşılabilirliği etkileyen hususlar olan sinyal-gürültü ve sinyal tepkisinin ikisini de barındırır. STI ölçümündeki prensip, iyi bir konuşma anlaşılabilirliği için kaynaktan çıkan sinyalin alıcıya ulaşırken ki durumda korunmasıdır. Kaynaktan çıkan sesin bozulmaya uğramadan ölçmek için, bir gürültü sinyali sinüs biçimine ayarlanır. Modülasyon frekansları 0,4 ve 20 Hz arasında kullanılır. Gürültü sinyali %100'e ayarlanır ve böylece 10 Hz'lik bir modülasyon frekansı için her 0,1 saniyede bir sessizlik anı vardır. Salonda alınan sinyaller, en sessiz periyodların belirli seslerini de içerecektir. Salonun arka plan gürültüsü ve odanın sesi kaybetme etkisi sayesinde alınan sinyalin, modülasyon derinliği, modülasyon frekanslarının serisinde ölçülür. Modülasyon transfer fonksiyonunu belirlemek için

farklı sinyal frekanslarındaki farklı MTF'ler STI'yi ölçmek için kullanılırlar. Eğer ölçüm için kullanılan ses kaynağının seviyesi açık bir biçimde insan konuşmacıyla eşleşirse, ölçülen STI, konuşma anlaşılabilirliğinin sinyal tepkisi ve gürültü açılarının ikisini de hesaba katmış olur. Modülasyon transfer tekniği konuşma kullanımı için ikna edicidir. STI, konuşma anlaşılabilirliği ile iyi biçimde bağlantılıdır ama diğer ölçümlerden daha fazla bağlantılı değildir. Karmaşıklık ve oditoryum mekanları için kolayca belirlenemeyiş bir dezavantajdır. Sinyal tepkisinden tahmin edilebilir. Ayrıca odalardaki ses davranışı için dar basit modellerden de tahmin edilebilir. Bir tahmin tekniği olarak sınıf gibi mekânlar için değerli olabilir ama tiyatrolar için aynı şeyden bahsedilemez. Örneğin, 1 saniyelik çınlama süresine sahip bir salonun tahmin edilen minimum konuşma anlaşılabilirliği, STI tahmin tekniği kullanılan “orta” ve “iyi” sınırları arasında kalır (Barron, 2010).

Modülasyon frekansı 0,60 ve 1,2 Hz arasındaki üç oktav bant arasında yer alır. Yapılan analizlerde 7 oktav bant üzerinde 14 modülasyon frekansıyla toplam 98 farklı “m” değeri elde edilir. MTF ile konuşma sesi davranışı taklit edildikten sonraki adım, bunun konuşma anlaşılabilirliğine uyarlanmasıdır. Bu uyarlama için önce görüntüdeki sinyal-gürültü oranı bulunur (Rossing, 2007).

$$L_{SNapp} : 10 \log \frac{m}{1-m} \quad (3.20)$$

$L_{SNapp}$  : Görünürdeki sinyal-gürültü oranı.

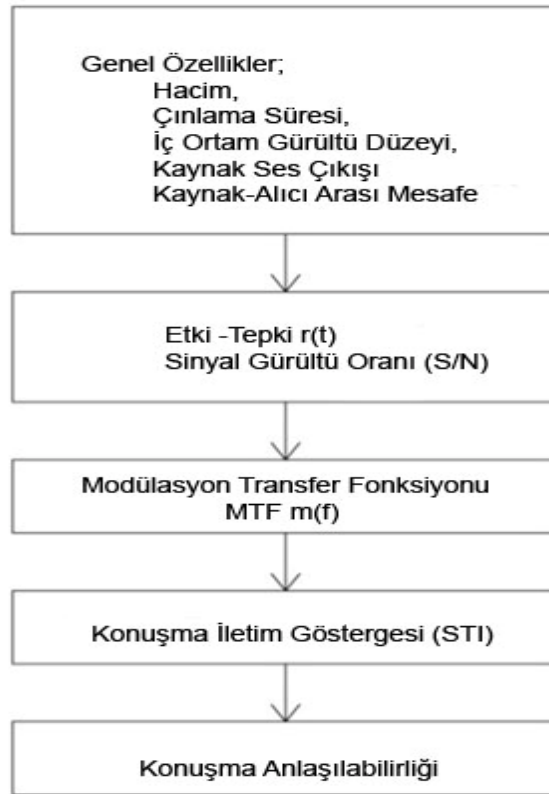
m : Modülasyon azaltım faktörü.

Fm : Modülasyon frekansı.

$$STI : [L_{SNapp} + 15] / 30 \quad (3.21)$$

STI yukarıdaki eşitlikteki gibidir. STI değerleri 0-1 arasındadır. Yüksek değerler daha iyi konuşma anlaşılabilirliği anlamına gelir. Kaynaktan çıkan ses düzeyi, yansımaların yön ve şiddeti, çınlama süresi ve sesin maskelenmesi ve arka plan gürültü seviyesi STI parametresini etkilemektedir (Rossing, 2007).

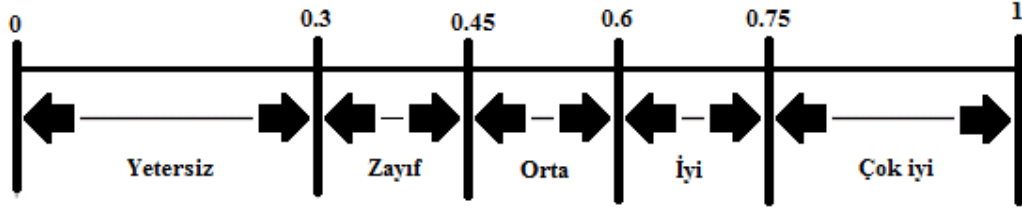
Modülasyon transfer fonksiyonundan (MTF) elde edilen STI değeri arka plan gürültüsü, çınlama ve tekli eko içeren değişik laboratuvar düzeneklerinde elde edilen konuşma anlaşılabilirliği test sonuçları ile ilişkilidir. Bu yaklaşıma göre dinleyici pozisyonundaki ses alanı, direkt ses alanı, çınlama ses alanı ve kaynak alıcı arası mesafe, çınlama süresi, hacim, sinyal-gürültü oranına bağlı karakteristiklerden oluşabilir. Aşağıdaki şema konuşma anlaşılabilirliği tahmin aşamalarını göstermektedir (Houtgast, Steeneken ve Plomp, 1980).



Şekil 3.15 Tasarım özellikleri verilen bir odanın, konuşma anlaşılabilirliği önceliklerini gösteren genel şema (Houtgast, Steeneken ve Plomp, 1980).

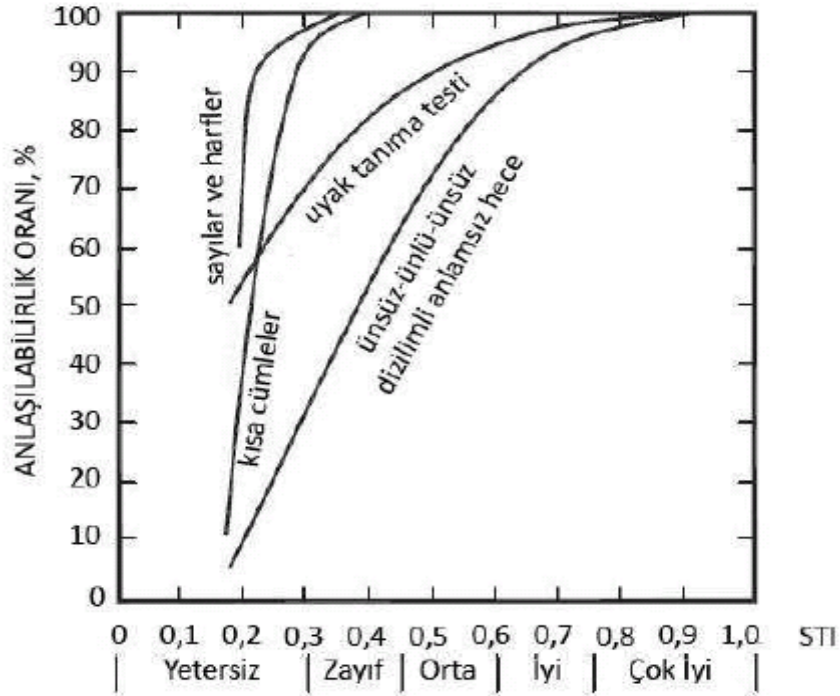
STI ve konuşma anlaşılabilirliği arasındaki bağlantı, konuşma anlaşılabilirliği test sonuçları ile oluşturulmuştur. STI değerleri için sınıflandırma ölçeği oluşturmada

sinyal-gürültü oranı, çınlama süreleri ve gecikme zaman aralığı etkilidir. Steeneken ve Houtgest, STI değerlerini 1,00-0,75 aralığında “mükemmel”, 0,75-0,60 aralığında “iyi”, 0,60-0,45 aralığında “orta”, 0,45-0,30 aralığında “zayıf”, 0,30-0,00 aralığında da “kötü” olarak değerlendirmektedirler (Houtgast, Steeneken ve Plomp, 1980).



Şekil 3.16 STI 0-1 Aralığındaki değerlendirme cetveli

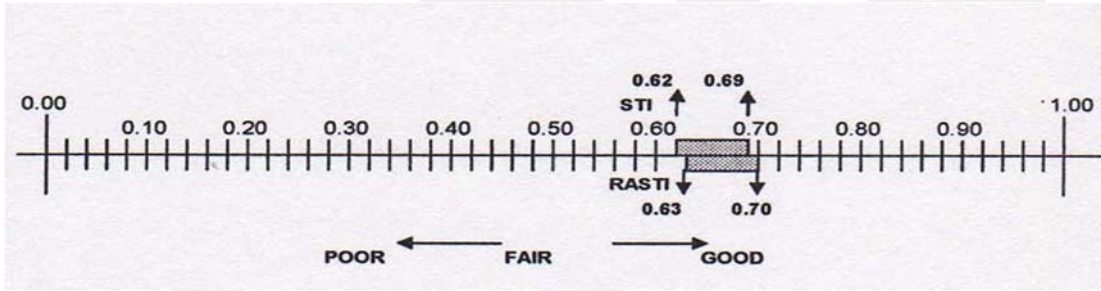
Konuşmanın anlaşılabilirliği ve ses iletim göstergesi arasındaki doğru orantı vardır ve bu bağlantı aşağıdaki şekil 3.14’de gösterilmektedir.



Şekil 3.17 Anlaşılabilirlik oranı ve STI arasındaki ilişki (Long, 2006).

### 3.2.8. Hızlı konuşma iletim indisi (RASTI)

STI'nın hacimlerdeki mevcut koşulların büyük bir çoğunluğu için, çok ayrıntılı bir yöntem olması dolayısıyla, bu sistem üzerine kurulu hızlı konuşma iletim indisi RASTI olarak adlandırılan daha hızlı bir ölçme sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen ölçme aygıtı sayesinde bu yöntemle, hacimlerin değişik noktalarındaki anlaşılabilirlik değerleri kolaylıkla ve kısa sürede belirlenebilmektedir (Karabiber, 1987). Brüel&Kjaer tarafından geliştirilen RASTI, konuşmanın anlaşılabilirliğini mekanik olarak test eden bir yöntemdir. Konuşma iletim indeksi STI' ya benzer bir yöntemdir. RASTI, farklı olarak sadece, 500 Hz ve 2000 Hz merkezli 2 oktav bantta yapılan ölçümleri esas alır (<http://www.bksv.com/doc/bo0123.pdf>).



Şekil 3.18 STI ve RASTI aralıkları ve değerlendirmeleri (Templeton, 1997).

Yukarıda STI ve RASTI ölçümlerini değerlendirmede kullanılan cetveli göstermektedir. Yukarıdaki şekilden de anlaşılacağı gibi 0,45 ve yukarısı değerler kabul edilebilir alt limiti oluşturur. Basitleştirilmiş bir sistem olması dolayısıyla, çok çabuk ölçüm yapılabilir. Ancak yapılan basitleştirme nedeniyle, sonuçların kalitesinden ödün verilmiştir. Özellikle konuşmacının sesi, bir elektro-akustik sistemle güçlendirilmişse, frekans aralığı 100 Hz- 8000 Hz olur ve bu durumda, çok düşük ve çok yüksek frekans aralıklarında sonuç elde edilemez ([www.meyersound.com/support/papers/speech](http://www.meyersound.com/support/papers/speech)).

### 3.3. Arka plan gürültüsü

Fon gürültüsü veya ortam gürültüsü olarak da tanımlanan arka plan gürültüsü, ISO 1996 standartlarına göre, “ Bir çevrede verilen bir zaman ve koşulda incelenen özel gürültüler çıkarıldıktan sonra çevrede kalan artık gürültü” olarak tanımlanmıştır. Bir çevrede incelenen özel bir kaynak için yapılacak değerlendirmelerde genellikle arka plan gürültülerinin de katkısı bulunduğundan çoğu zaman ölçülen düzeyler salt kaynağın gürültü düzeylerini belirtmez ve arka plan gürültüsünün katkısını ayıran bir işlemin yapılması gerekir. Ses düzeyleri dB biriminden olduğundan logaritmik hesaplama işlemi uygulanır (Kurra, 2009).

| Ülke                    | Bel (1)          | Fra       | Ger(4)    | Ita (2)    | Por            | UK (3)       | Swe        | Tur        |
|-------------------------|------------------|-----------|-----------|------------|----------------|--------------|------------|------------|
| Gürültü tanımı          | $L_{Aeq}$        | $L_{Aeq}$ | $L_{Aeq}$ | $L_{Amax}$ | $L_{Aeq}$      | $L_{Aeq}$ 1h | Leq        | $L_{Aeq}$  |
| Tanımlandığı yıl        | 1977/87          | 1995      | 1983      | 1975       | 2000           | 1997         | 1995/ 2001 | 1986       |
| Tanımin türü            | Standart         | Karamame  | Standart  | Standart   | Draft Standard | Guideline    | Standart   | Yönetmelik |
| Etkinlik türü           |                  |           |           |            |                |              |            |            |
| Sınıflar                | 30/35/<br>40/ 45 | 38        | 35-40     | 36         | 35             | 40           | 26/40      | 45         |
| Kütüphane               |                  | 33        | 30-35     |            |                | 40           | 35         |            |
| Müzik odaları           | 30/30/<br>35/40  |           |           |            |                | 30           |            |            |
| Salon ve koridorlar     |                  |           |           | 40         |                | 50           |            |            |
| Yemek ve spor salonları | 35/40/<br>45/50  | 43        | 45-50     | 40         | 40-45          |              | 40         | 60         |

(1) Gürültü seviyeleri limitleri dış alana bağlıdır, 4 kategori de sınıflandırılır, bunlar:

1.  $L_{Aeq} < 55 \text{ dB}$ , 2.  $55 \text{ dB} < L_{Aeq} < 65 \text{ dB}$ , 3.  $65 \text{ dB} < L_{Aeq} < 75 \text{ dB}$ , 4.  $L_{Aeq} > 75 \text{ dB}$ .

(2) İtalya'da bazı yönetmelikler hazırlanmaktadır.

(3) Maksimum arkaplan gürültü seviyeleri duyma engelli bütün sınıflar için 10 dB'den az olmalıdır.

(4) Açık alanlardan ve havalandırmadan ve klimadan kaynaklı gürültü.

Tablo 3.3 Bazı ülkelerin kullandıkları okul hacimlerine göre arka plan gürültü limitleri (Vallet ve Karabiber, 2002, s. 58-62).

Arka plan gürültüsü düzeyleri mevzuatta belirlenmiş limitlerden daha yüksek ise, kabul edilebilir en yüksek gürültü düzeyleri olarak, Leq (arkaplan) dBA +3 veya Leq (arkaplan) dBC +5 alınır (Kurra, 2009).

## 4. ÖRNEK PROJELER: “DOĞA KOLEJİ ÇUKURAMBAR” VE “İMKB ALPARSLAN ORTAOKULU”

### 4.1. Okulların seçilmesi

Farklı anlayışlarla tasarlanmış sınıfların karşılaştırmalı akustik performanslarını belirlemek amacıyla biri özel diğeri ise bir devlet okulu olan iki adet okul seçilmiştir. Bu okullar Ankara ili Çankaya ilçesinde bulunan Doğa Koleji Çukurambar ve Alparslan Ortaokulu'dur.



Şekil 4.1 Doğa Koleji Çukurambar

Seçilen okullardan biri aynı zamanda bir zincir okul olan Doğa Koleji Çukurambar, Ankara'nın Çukurambar semtinde bulunan bir şubesidir. Bu okulun seçilme nedeni; devlet okullarındaki sınıflardan farklı iç yüzey gereçlerine sahip oluşudur.



Şekil 4.2 Doğa Koleji Çukurambar Uydu Görüntüsü

Seçilen okullardan diğeri bir devlet okulu olan Ankara'nın Beşevler semtinde bulunan Alparslan ortaokuludur.



Şekil 4.3 İMKB Alparslan Ortaokulu

Milli Eğitim Bakanlığı'nın en yeni tip projelerinden biri olması bu okulun sınıf akustiği karşılaştırılmasında tercih sebebi olmuştur.

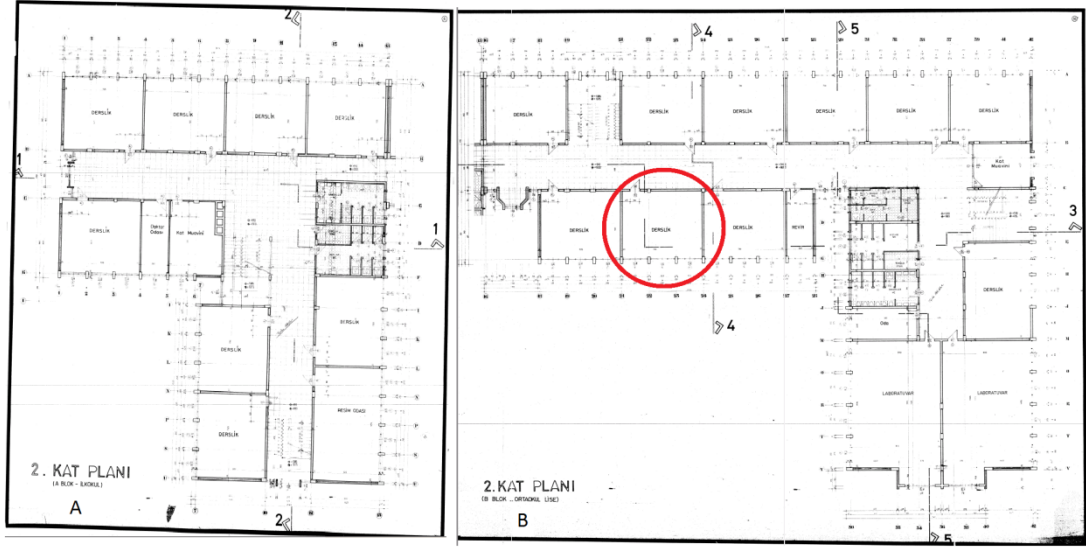


Şekil 4.4 İMKB Alparslan Ortaokulu Uydu Görüntüsü

Akustik açıdan karşılaştırılmaya uygun okullardaki dersliklerin seçiminde, kullanılan iç yüzey gereçlerindeki farklılıklar göz önünde bulundurulmuş, sınıfların benzer biçim ve boyutlara sahip olmaları da karşılaştırmayı uygun kılmıştır.

#### 4.2. Ölçüm yapılacak sınıfların belirlenmesi

Çalışmada seçilen iki okulda öğrenim türü bünyesine ait sınıflar birbirine hacim büyüklüğü bakımından benzerdir. Bu sebepten dolayı sınıf içi arka plan gürültüsü ölçülmek ve belirtmek koşulu ile her iki okuldan da ölçüm yapmak için birer sınıf seçilmiştir. Çalışmanın daha ayrıntılı bulgulara sahip olması için okullara ait sınıflarda en yoğun arka plan gürültü düzeyine sahip sınıflar seçilmiştir. Seçilen okullardan İMKB Alparslan bir ortaokuldur. Birçok kademedede eğitim veren Doğa Koleji Çukurambar'ın ortaokul bölümü 2. Kattadır. Bu sebeplerden ötürü araştırılan iki okulda da sınıflar 2.Kat'lardan seçilmiştir.

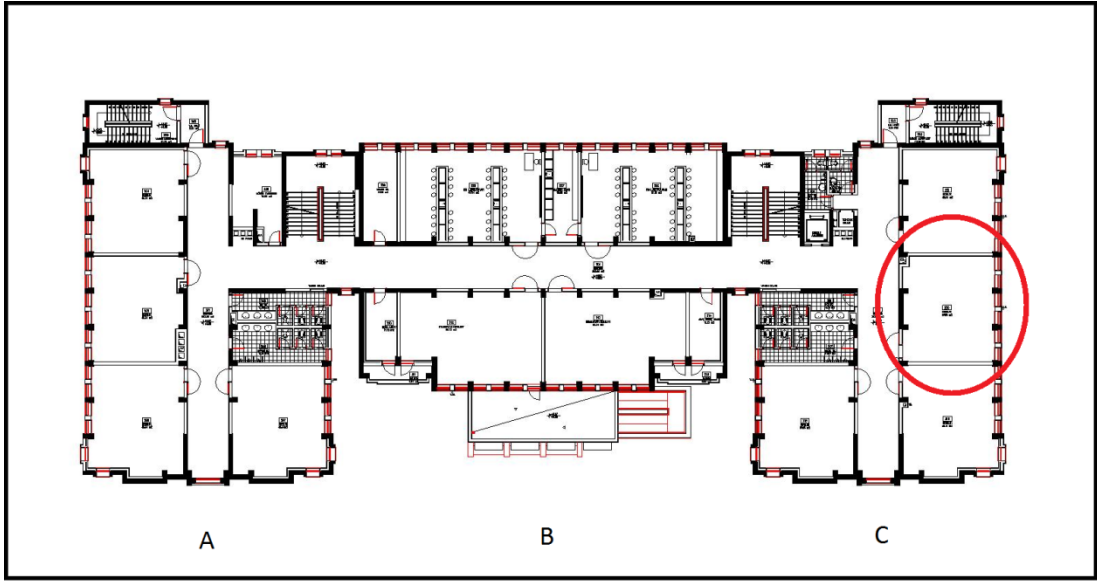


Şekil 4.5 Doğa Koleji Çukurambar 2. Kat Planı A ve B blok (Çankaya Belediyesi Arşivi).

Doğa Koleji Çukurambar Şekil 4.2 de görüldüğü gibi, iki caddenin kesiştiği nokta olan köşe bir arsa üzerine konumlandırılmıştır. İki bloktan oluşmaktadır ve yanlara doğru büyüyen bir yapıdadır. Bu okul araştırılırken 6-B sınıfının seçilmesi, yola en yakın ve okulun orta noktasında bulunan bir sınıf oluşudur. Her iki bloğunda yola daha yakın uzantıları vardır fakat bu sınıflar müzik sınıfı, okul öncesi sınıfı ya da öğretmenler odası şeklindedir. Aynı zamanda arka plan gürültüsüne etki eden toplu taşıma araçları, ön cepheyi karşılayan yol üzerinden gitmektedir. Bu sebepler dolayısı ile ön cephe orta noktasında bulunan 6-B sınıfı seçilmiştir.



Şekil 4.6 Doğa Koleji Çukurambar 2. Kat 6-B Sınıfı



Şekil 4.7 İMKB Alparslan Ortaokulu 2. Kat Planı (M.E.B. İnşaat ve Bayındırlık).

İMKB Alparslan Ortaokulu, Şekil 4.4’de görüldüğü gibi hareketli bir cadde üzerinde, arka ve yan cephelerinde ise bir tanesi ön cephedeki caddeye açılan iki sokağın üzerindedir. Diğer yan cephesinde ise bir hastane bulunmaktadır. Doğa Koleji Çukurambar’da olduğu gibi köşe bir arsa üzerine konumlandırılmıştır. Üç bloktan oluşmaktadır ve yanlara doğru büyüyen bir yapıdadır. Ölçülecek sınıf belirlenirken Doğa Koleji Çukurambar’da olduğu gibi caddeye yakın orta nokta ile ölçüm yapılmak istenmiştir fakat üç bloğa sahip bu okulda sınıflar A ve C bloklarda bulunmaktadır. A bloğun yanında hastane bulunduğu için cadde ve sokağa bakan C blok’ta ölçüm yapılmıştır. C blok’ta 4 adet sınıf bulunmaktadır. Sınıflar arasında hacim geometrisi en düzgün olan 5-K sınıfı ölçüm yapılmak için seçilmiştir.



Şekil 4.8 İMKB Alparslan Ortaokulu Sınıf 5-K

### 4.3. Yapı bileşeni ve malzemeler ölçeğinde incelemeler

#### 4.3.1. Doğa koleji

Dikdörtgen plan üzerine kurulu Doğa Koleji sınıflarının yapı bileşeni ölçeğinde bakıldığında zeminde pvc esaslı esnek zemin malzemesi kullanılmıştır. Sert yüzeylere sahip mermer ya da seramik yerine bu malzemenin tercihi, yansıma yönünden bakıldığında hacim akustiğini olumlu yönde etkileyecektir.



Şekil 4.9 Doğa Koleji Sınıf 6-B

Duvarlarda, alçı sıva üzeri boya kullanılmıştır. Sınıflarda öğrenciler için dolaplar mevcuttur. Sınıflarda dolapların bulunması, sınıfın akustiğini etkileyebilecek az sayıda duvar yüzeyinin kalmasına sebep olmuştur. Bu durum sert ve düz bir yüzey olan alçı sıva üzeri boyanmış duvarların, olumsuz yansıtıcı etkisini azaltmaktadır. Kolonlar arasında öğrenci dolapları ve dolapların üzeri ile tavan arasında boşluklar bulunmaktadır. Ölçüm ile elde edilen verilere göre, bu uygulamaların sınıf akustiği üzerindeki etkisine bakıldığında, metal dolap kapakları üzerindeki delikler ve dolapların bittiği nokta ile tavan arasındaki bölümlerin birer boşluklu rezonatör görevi görerek düşük frekanslardaki sesleri söndürdüğü anlaşılmaktadır. Fakat metal kapaklar üzerindeki az sayıda boşluktan kalan diğer düz yüzeyler ve metal kapaklı dolapların üzerindeki düz yüzeyli pvc kapaklar sesi yansıtmaktadır. Pencerelelerin olduğu bölüme bakıldığında, iyi birer yansıtıcı olan camların varlığı, doğru tercih edilen perdelerle istenmeyen çınlamayı önleyebilir. Doğa Koleji'nde parçalı şerit perde sistemi kullanılmıştır ve şeritler arasındaki boşluklar kısmi rezonatör etkisi yaratmakta ve düşük frekanslarda yutucu özellik kazanmaktadır.



Şekil 4.10 Doğa koleji öğrenci dolapları

Tavan bileşenine bakıldığında, sınıflarda yansıtıcı yüzeyli asma tavan kullanılmıştır. 60\*60 mdf üzeri pvc kaplama paneller sınıf tavanlarına taşıyıcı

elemanlar yardımıyla yerleştirilmiştir. Tavanda yansıtıcı kullanılması sesin yönlendirilmesi için doğru bir yaklaşımdır fakat yutucu paneller ile birlikte kullanılmalıdır. Bu uygulamada hacmin büyüklüğüne göre hiç yutucu panel kullanılmamıştır.



Şekil 4.11 Doğa Koleji Sınıf 6-B Tavan

#### 4.3.2. İMKB Alparslan Ortaokulu

Dikdörtgen plan üzerine kurulu İMKB Alparslan Ortaokulu sınıfları incelendiğinde zeminlerde 40\*40 seramik ile kaplanmıştır. Bu düz ve sert yüzeyler ses yansımada sınıf akustiğini olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 4.12 İMKB Alparslan Ortaokulu döşeme malzemeleri

Duvar ve tavanlarda alçı sıva üzeri plastik boyalıdır. Tüm yapı bileşenleri yansıtıcı yüzeylere sahiptir. Sınıfın arka duvarındaki pano, işlevi farklı şekilde kullanılsa da yutucu panel görevi görmektedir fakat yetersizdir. 90\*160 5 adet pvc pencere bulunmaktadır. Tavanda, yan duvarlardaki kolonlarla birleşen 2 adet kiriş bulunmaktadır.



Şekil 4.13 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı genel görünüş

#### 4.4. Ölçülecek sınıflardaki hacim geometrileri

Ülkemiz okullarındaki sınıflar incelendiğinde genellikle dikdörtgen planlı hacimler olarak şekillendiğini görürüz. Karşılaştırmak üzere seçilen sınıflardan ilki olan Doğa Koleji 6-B sınıfı boyut olarak diğer örnekten yaklaşık 4 m<sup>2</sup> daha büyüktür. Dikdörtgen bir plana sahip olan bu sınıfın boyutlarına bakıldığında 6,20 m en, 7,30 m boy ve 2,90 m yükseklikten oluşan sınıfların hacmi 131,25 m<sup>3</sup>'tür.

İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K dersliğine bakıldığında, yine dikdörtgen planlı bir hacim karşımıza çıkmaktadır. 6,60 m en, 7,60 m boy ve 3,10 m yükseklikten oluşan sınıfların hacmi 155,49 m<sup>3</sup>' tür.

Alparslan Ortaokulu sınıflarını Doğa Koleji sınıflarında yüzey alanı olarak yaklaşık 5 m<sup>2</sup> daha büyüktür. Aynı zamanda tavan yüksekliği olarak da yaklaşık 20 cm daha yüksektir. Bu bağlamda Alparslan Ortaokulu sınıflarının iç hacmi Doğa Koleji sınıflarının iç hacminden yaklaşık 24 m<sup>3</sup> daha büyüktür.

#### 4.5. Kaynak ve Alıcı ile ilgili kabuller

Eğitimde iletişim sürecinin işleyişinde kaynak, öğretmen; alıcı da öğrencidir. (Polat ve Kırıkkaya, 2004, s. 3).

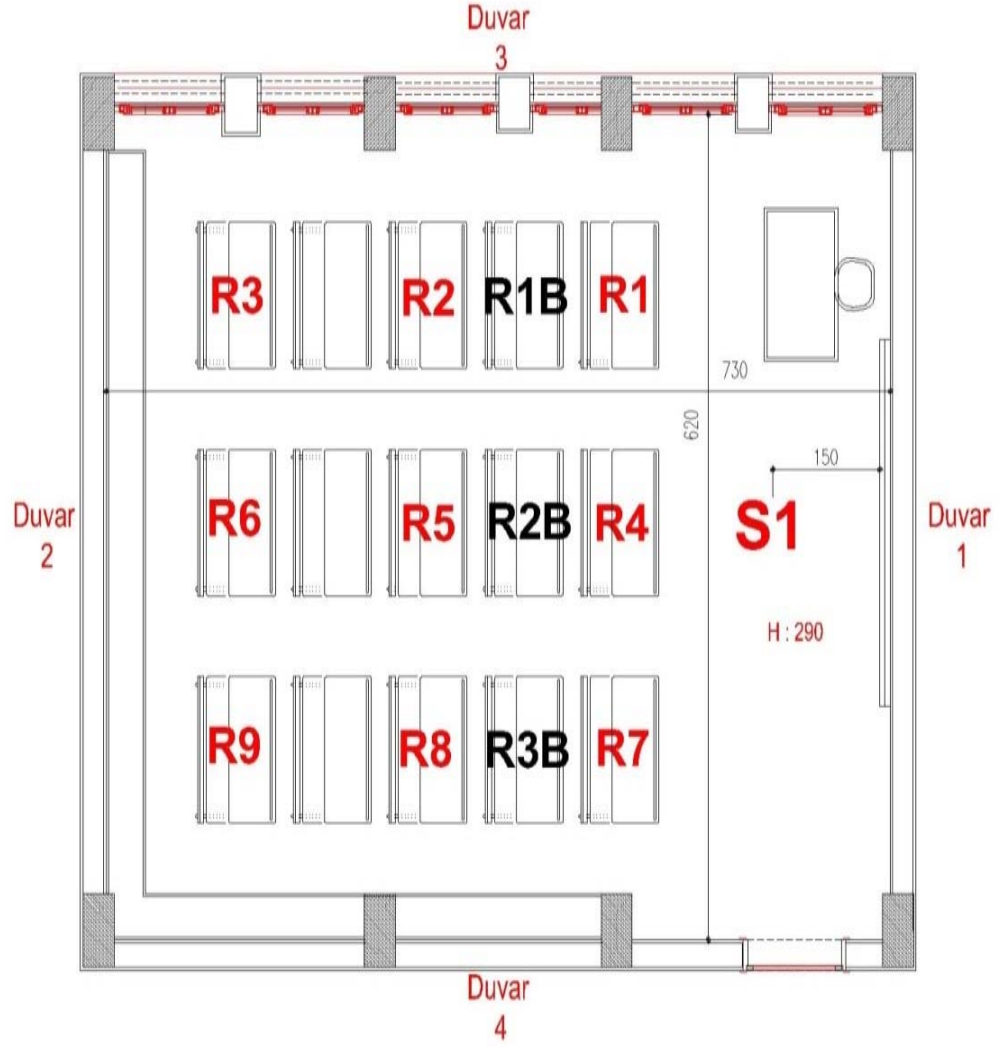
Bu çalışmada hacim akustiği bünyesinde sınıflar incelendiğinden, kaynak öğretmen, alıcılar ise öğrencilerdir. Hoparlör B&K 4292-L ile hacim içine eşit ses enerjisi gönderen kaynak tipi kullanılmıştır. Bu kaynaktan beyaz gürültü (omni) olan kaynak tipi ses kullanılmıştır. Kaynak olan öğretmenlerin sınıftaki pozisyonuna bakıldığında en fazla kullandıkları alan tahta önleridir. ISO 3382 standartlarına göre kaynak pozisyonu olarak tahta önü alınmış, yükseklik olarak yerden 1,5 m yüksekliğe hizalanmıştır. Alıcı olan öğrencilerin pozisyonunda ise genel sıra ölçüleri ve ortaokul boy ölçüleri göz önünde bulunularak, alıcı cihazın (B&K 2250-A) boyu öğrencilerin kulak hizası yüksekliği olan 1,1 m yüksekliğe getirilmiştir.

Her iki okulun sınıflarında da yan yana 3 dizi halinde sıra yerleşim vardır. Bu duruma sınıf hacimleri de müsaade etmektedir. Alıcı noktası olarak her bir sıra diziminden 3'er tane olmak üzere 9 ayrı alıcı noktası belirlenmiştir. Bunlar şekil 4.14 ve 4.15'de R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8 ve R9 olarak gösterilmiştir. Gösterilen her alıcı noktasından hata payını önlemek adına 3'er defa ölçüm alınmıştır. Bunların yanı sıra ölçüm yapılan sınıfta arka plan gürültüsü de R1B, R2B, R3B olarak gösterilmiş ve her 3 dizim de paralel şekilde 3 farklı noktadan ölçülmüştür. Arka plan gürültüsü ölçülürken alıcı noktaları da her 3 dizimden 1'er defa B&K 2250-A ile 5'er dakikalık ölçümler yapılarak yine şekil 4.14 ve 4.15'de belirtilmiştir. Arka plan gürültü ölçümleri sırasında pencereler kapalıdır ve sınıflarda öğrenci bulunmamaktadır. Kaynak ve alıcıların sınıf içindeki yapı bileşenleri ve birbirleri ile olan mesafelerine Tablo 4.1 ve 4.2'de yer verilmiştir.

Tüm ölçümler, okullar yarıyıl tatilindeyken yağmur, kuvvetli rüzgâr, gök gürültüsü veya beden eğitimi dersi gibi normal dışı gürültülerin olmadığı zamanlarda gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasındaki ölçümler, okulların çınlama süresi ölçümü uluslararası standardı ISO 3382-2 standartına benzer şekilde yapılmıştır. Tez yazım tarihlerinde TS-3052 Türk Standart'ı yürürlükte olmadığından ölçümler esnasında yalnızca ISO standartından faydalanılmıştır.

| <b>Alıcı</b>                               | <b>Alıcı-kaynak<br/>arası mesafe (cm)</b>  | <b>Alıcı Yüksekliği<br/>(cm)</b>           | <b>Alıcı-tavan<br/>arası mesafe (cm)</b>   |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>R1</b>                                  | 253                                        | 110                                        | 180                                        |
| <b>R2</b>                                  | 359                                        | 110                                        | 180                                        |
| <b>R3</b>                                  | 490                                        | 110                                        | 180                                        |
| <b>R4</b>                                  | 140                                        | 110                                        | 180                                        |
| <b>R5</b>                                  | 290                                        | 110                                        | 180                                        |
| <b>R6</b>                                  | 443                                        | 110                                        | 180                                        |
| <b>R7</b>                                  | 237                                        | 110                                        | 180                                        |
| <b>R8</b>                                  | 339                                        | 110                                        | 180                                        |
| <b>R9</b>                                  | 476                                        | 110                                        | 180                                        |
| <b>Alıcı-Duvar 1<br/>arası mesafe (cm)</b> | <b>Alıcı-Duvar 2<br/>arası mesafe (cm)</b> | <b>Alıcı-Duvar 3<br/>arası mesafe (cm)</b> | <b>Alıcı-Duvar 4<br/>arası mesafe (cm)</b> |
| 264                                        | 404                                        | 62                                         | 468                                        |
| 388                                        | 296                                        | 62                                         | 468                                        |
| 593                                        | 76                                         | 62                                         | 468                                        |
| 264                                        | 404                                        | 251                                        | 281                                        |
| 388                                        | 296                                        | 251                                        | 281                                        |
| 593                                        | 76                                         | 251                                        | 281                                        |
| 264                                        | 404                                        | 422                                        | 116                                        |
| 388                                        | 296                                        | 422                                        | 116                                        |
| 593                                        | 76                                         | 422                                        | 116                                        |

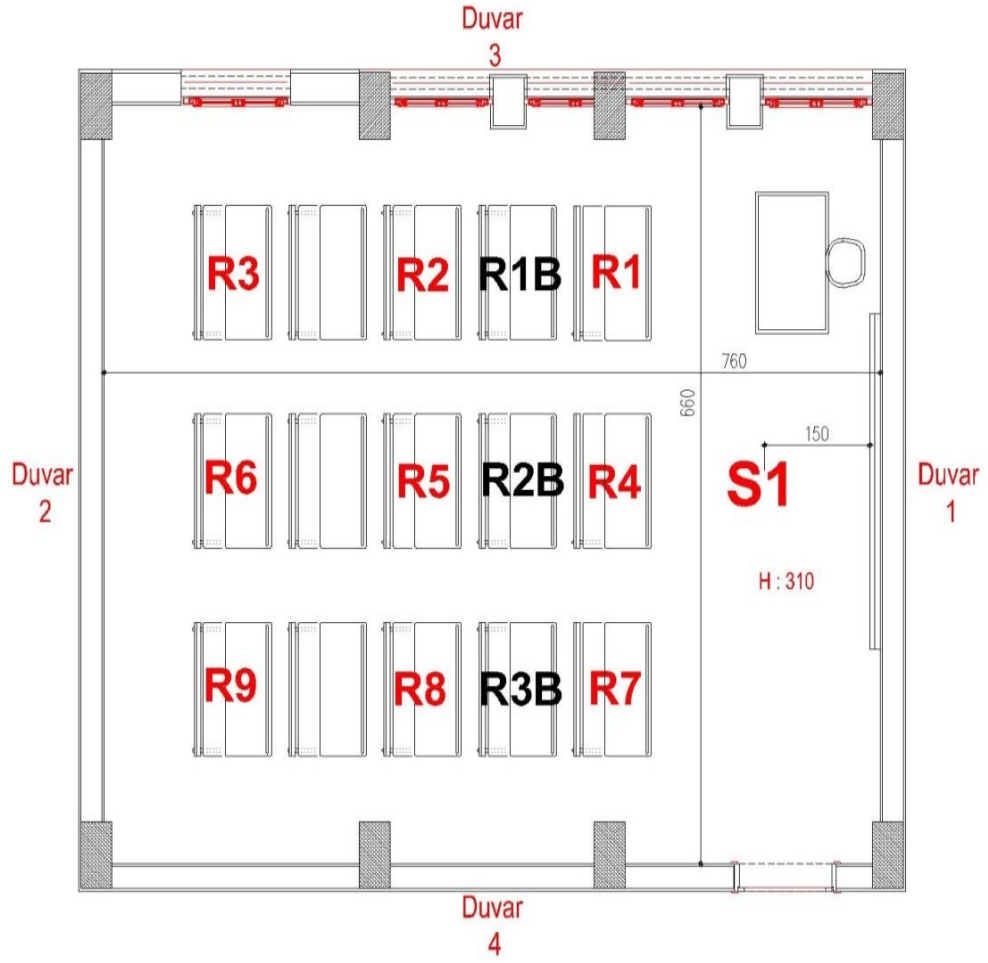
Tablo 4.1 Doğa Koleji 6-B kaynak ve alıcı mesafeleri



Şekil 4.14 Doğa Koleji 6-B kaynak, alıcı ve arka plan gürültüsü konumlandırılmasını gösteren örnek sınıf planı (S: Kaynak, R: Alıcı, RB: Arka plan gürültüsü)

| <b>Alıcı</b>                               | <b>Alıcı-kaynak<br/>arası mesafe (cm)</b>  | <b>Alıcı Yüksekliği<br/>(cm)</b>           | <b>Alıcı-tavan<br/>arası mesafe (cm)</b>   |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>R1</b>                                  | 260                                        | 110                                        | 200                                        |
| <b>R2</b>                                  | 409                                        | 110                                        | 200                                        |
| <b>R3</b>                                  | 561                                        | 110                                        | 200                                        |
| <b>R4</b>                                  | 166                                        | 110                                        | 200                                        |
| <b>R5</b>                                  | 358                                        | 110                                        | 200                                        |
| <b>R6</b>                                  | 527                                        | 110                                        | 200                                        |
| <b>R7</b>                                  | 261                                        | 110                                        | 200                                        |
| <b>R8</b>                                  | 411                                        | 110                                        | 200                                        |
| <b>R9</b>                                  | 565                                        | 110                                        | 200                                        |
| <b>Alıcı-Duvar 1<br/>arası mesafe (cm)</b> | <b>Alıcı-Duvar 2<br/>arası mesafe (cm)</b> | <b>Alıcı-Duvar 3<br/>arası mesafe (cm)</b> | <b>Alıcı-Duvar 4<br/>arası mesafe (cm)</b> |
| 322                                        | 439                                        | 129                                        | 530                                        |
| 510                                        | 249                                        | 129                                        | 530                                        |
| 678                                        | 81                                         | 129                                        | 530                                        |
| 322                                        | 439                                        | 328                                        | 331                                        |
| 510                                        | 249                                        | 328                                        | 331                                        |
| 678                                        | 81                                         | 328                                        | 331                                        |
| 322                                        | 439                                        | 529                                        | 132                                        |
| 510                                        | 249                                        | 529                                        | 132                                        |
| 678                                        | 81                                         | 529                                        | 132                                        |

Tablo 4.2 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K kaynak ve alıcı mesafeleri

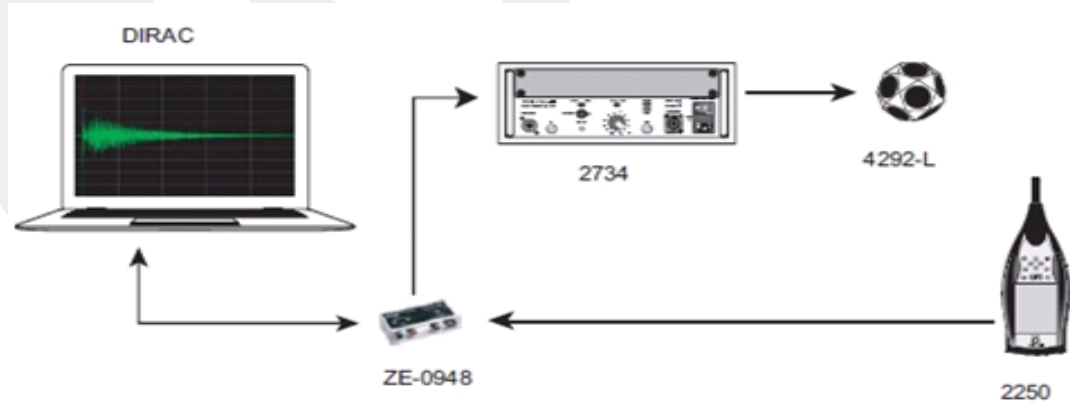


Şekil 4.15 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K kaynak, alıcı ve arka plan gürültüsü konumlandırılmasını gösteren örnek sınıf planı (S: Kaynak, R: Alıcı, RB: Arka plan gürültüsü)

#### 4.6. Ölçüm sırasında izlenen yöntem

Bu tez çalışmasında ölçülmek üzere, konuşmanın anlaşılabilirliği konusunda etkili olan çınlama süresi (RT), erken Düşme Süresi (EDT), konuşmanın belirginliği (D50), konuşmanın açıklığı-netliği (C50), konuşma iletim indeksi (STI), hızlı konuşma iletim indeksi(RASTI) seçilmiştir. Ölçüm sırasında sınıflarda 9 pozisyon belirlenmiş ve her bir pozisyon için 125-4000 Hz oktav bant aralığında bu parametreler hesaplama için seçilmiştir.

Ölçümlerde ses üretici sistem olarak; ses kaynağı hoparlör B&K 4292-L, hoparlör kablosu B&K AQ 0673(10 m), hoparlör için tripod B&K UA 0801, güç yükseltici Power Amplifier Type 2734-A, ses alıcı sistem olarak ses ve frekans analizörü B&K 2250-A tripod ile birlikte, ZE-0948 ses kartı ve analiz yazılımı olarak ise bir diz üstü bilgisayara yüklenen DIRAC 5 hacim akustiği yazılımı kullanılmıştır. Arka plan gürültüleri ölçülürken yalnızca hafif tripod ile birlikte B&K 2250-A kullanılmıştır. Her iki okula ait ölçümler 2015 yarı yıl döneminin ikinci haftası saat 10:00-15:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Sınıf akustiği ve konuşmanın anlaşılabilirliğini belirlemek için yapılan ölçümler, kullanıma hazır ve boş sınıflarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.16 Brüel & Kjaer Ölçüm düzeneği

#### 4.7. Sınıf akustiğine yönelik uluslararası standartlar

Çınlama süresi ve arka plan gürültü düzeyi, hacim akustiğinde kullanılan en eski ve en geçerli yöntemlerdir. Sınıf akustiğinde temel alınan koşul konuşmanın anlaşılabilirliğidir. Konuşmanın anlaşılabilirliğinde kullanılan birçok parametrede çınlama süresi ve arka plan gürültüsünden etkilenmektedir.

Birçok ülkede, eğitim yapıları için tasarlanmış, sınıflarda sağlanması gereken akustik koşulları belirten yönetmelik ve standartlar bulunmaktadır. Bu standartlar birçok uzman tarafından hazırlanıp, ülkelerin eğitim sistemleri ve sahip olduğu hacimlere göre değişiklik göstermektedir.

| Ülke                        | Standart            | Çınlama Süresi  |                     | Arka Plan Gürültüsü |      |
|-----------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------------|------|
| Almanya                     | DIN 18041 (d)'03    | 0.3-0.45-0.55 s |                     | 35-40               | Laeq |
| Amerika                     | ANSI S 12.60        | 0.6-0.7 s       | 500/1000/2000<br>Hz | 35-40               | Laeq |
| Avustralya/<br>Yeni Zelanda | AS/NZS<br>2107:2000 | 0.4-0.5 s       |                     | 35-45 (max.)        | Laeq |
| Danimarka                   | Standard'95         | 0.9 ± 0.2 s     | 125-2000 Hz         | 35                  | Laeq |
| İngiltere                   | BB93                | 0.4-0.6-0.8 s   |                     | 35                  | Laeq |

(30 dk.)

Tablo 4.3 Bazı ülkelerin standartlarına göre sınıflardaki çınlama süresi ve arka plan gürültüsü değer aralıkları ve ölçüm kriterleri (Evans, 2006).

Araştırmalarda ve yönetmeliklerde optimum anlaşılabilirliği sağlayabilmek için; arka plan gürültü düzeyini ve çınlama süresini belirlemeye yönelik bir eğilim vardır ve çok çeşitli durumlar için tek bir spesifik değerin belirlenmesi hala tartışılan bir durumdur. Tek bir standart değer kabul edilemez çünkü; konuşma anlaşılabilirliği öğrencinin yaşına, duyma yetisine, öğretmenin konuşma düzeyine, sınıf hacmine ve hatta sınıfın akustik özelliklerine göre değişiklik göstermektedir (Köse, 2010).

## 5. BULGULAR VE YORUM

Bu bölüm Brüel&Kajer akustik ölçüm cihazları ve Dirac 5 hacim akustiği yazılımı ile yapılan ölçümlerin sonuçları yer almaktadır. Konuşmanın anlaşılabilirliği ve sınıf akustiğinde önem taşıyan çınlama süresi (Reverberation Time-T30), erken düşme süresi (Early Decay Time-EDT), ayırdedilebilirlik (Distinctness-D50), konuşmanın açıklığı-netliği (C50), konuşma iletim indeksi (Speech Transmission Index-STI) ve hızlı konuşma iletim indeksi (RASTI) parametreleri için verilen sonuçlar, 9 ayrı alıcı noktasından elde edilen değerlerin ortalamaları şeklinde belirtilmiştir. Ayrıca tablolarda, ölçümlerde elde edilen minimum ve maksimum değerler de verilmiş, arka plan gürültü ölçümleri ise 5'er dakikalık 3 ayrı alıcı noktasına göre ölçülmüştür.

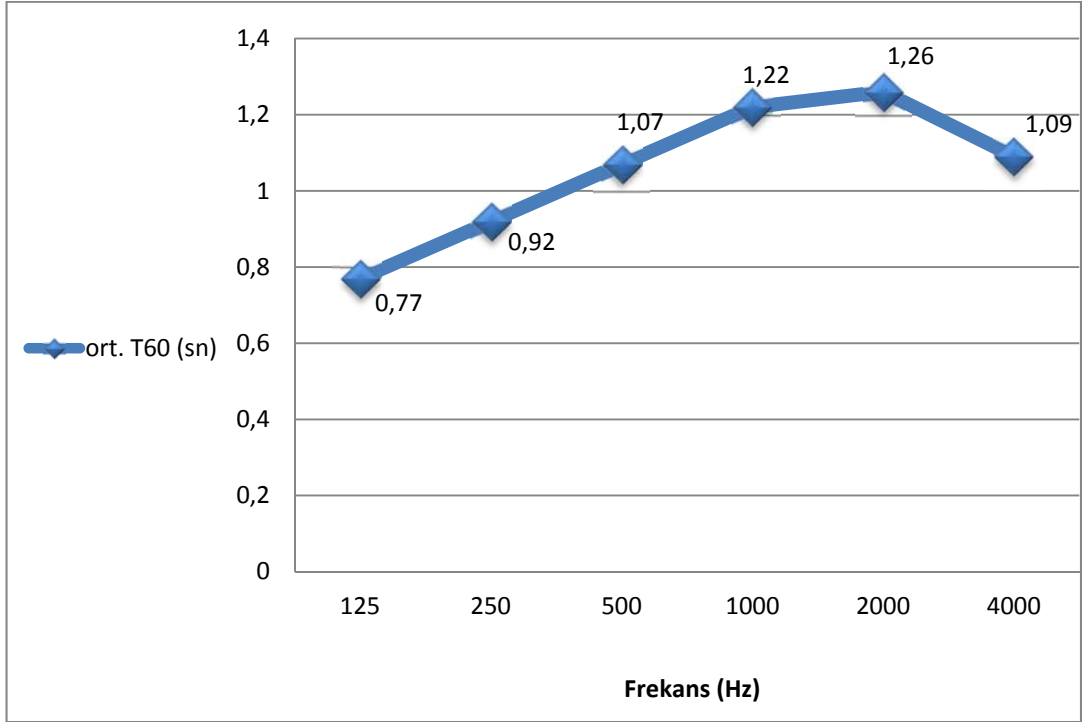
### 5.1. Doğa Koleji'ndeki sınıf için yapılan akustik analizler

#### 5.1.1. Çınlama süresi (Reverberation Time – T30)

Aşağıdaki Tablo 5.1' de Doğa Koleji 6-B sınıfa ait 125-4000 bant aralığında ölçülen ortalama, minimum ve maksimum çınlama süresi (T30) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.1'de verilen grafikte ise Tablo 5.1 de verilen ortalama değerlerin grafikteki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 1.1 'de verilmektedir.

| <b>DOĞA KOLEJİ 6-B SINIFI</b> |            |            |            |             |             |             |
|-------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>T30 (s)</b>                |            |            |            |             |             |             |
| <b>Bant (Hz)</b>              | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> |
| <b>Minimum</b>                | 0.43       | 0.82       | 1.03       | 1.1         | 1.19        | 1.08        |
| <b>Maksimum</b>               | 0.96       | 1.03       | 1.12       | 1.31        | 1.29        | 1.12        |
| <b>Ortalama</b>               | 0.77       | 0.92       | 1.07       | 1.22        | 1.26        | 1.09        |

Tablo 5.1 Doğa koleji 6-B sınıfı çınlama süresi ölçüm sonuçları



Şekil 5.1 Doğa koleji 6-B sınıfı T30 ölçüm sonuçları grafiği

Doğa koleji sınıfı için yapılan ölçümde, çınlama süresi (T30-1000Hz) 1.22 s olarak ölçülmüştür. Düşük frekanslarda ölçülen 125 ve 250 Hz'lere ait ölçümlere bakıldığında 125 Hz için bulunan değer 0,77s, 250 Hz için bulunan değer ise 0.92s değerler olduğunu görülmektedir. Bulunan bu değerlerin olumlu orandaki düşüklüğü, sınıflarda kullanılan Şekil 5.2'deki gereçlerin birer rezonatör görevi gördüğü düşünülmektedir. Bu durumun bilinçli yapıp yapılmadığı bilinmemekle birlikte, düşük frekanslarda etkisi olduğu ölçüm sonuçlarında görülmektedir.



Şekil 5.2 Doğa Koleji 6-B sınıfında kullanılan gereçler ve detaylar

Elde edilen veriler doğrultusunda mevcut duruma bakıldığında, hacim olarak yeterli oranda olan Doğa Koleji 6-B sınıfı, yutucu malzeme kullanılmayışı ve tavanda yalnızca yansıtıcı malzeme kullanılmasından kaynaklı çınlama süresi değerleri olması gereken değerlerden uzaktır. Tavanda kullanılan yansıtıcı yüzeyler yararlı yansımalar açısından gereklidir fakat yutucu ve yansıtıcılar bir arada kullanılmalıdır. Bu sınıflara ait tavan ve duvarlarda, yutucu malzemeler kullanılarak ve kaynaktan çıkan sesi alıcılara yansıtılacak şekilde konumlandırılarak, konuşmanın anlaşılabilirliği için uygun değer aralığı elde edilebilir.

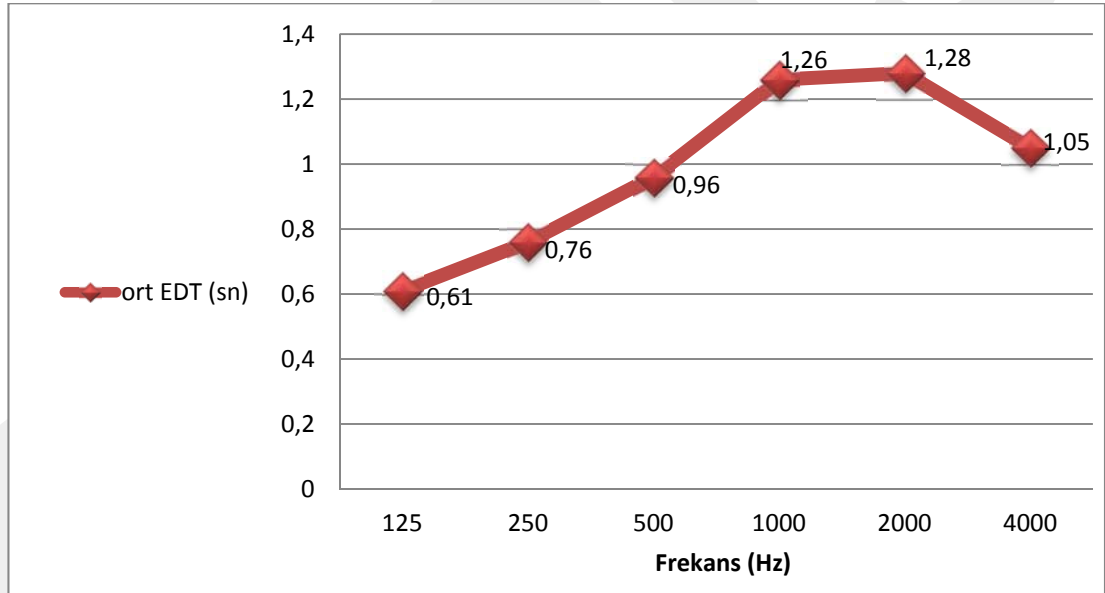
### 5.1.2. Erken Düşme Süresi (Early Decay Time – EDT)

Aşağıdaki Tablo 5.2’de Doğa Koleji 6-B sınıfa ait 125-4000 bant aralığında ölçülen ortalama, minimum ve maksimum erken düşme süresi (EDT) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.3’de verilen grafikte ise Tablo 5.2 de verilen ortalama değerlerin

grafikteki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 1.2 'de verilmektedir.

| DOĞA KOLEJİ 6-B SINIFI |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| EDT (s)                |      |      |      |      |      |      |
| Bant (Hz)              | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Minimum                | 0.51 | 0.24 | 0.77 | 1.13 | 1.23 | 0.98 |
| Maksimum               | 0.74 | 1.03 | 1.14 | 1.36 | 1.36 | 1.14 |
| Ortalama               | 0.61 | 0.76 | 0.96 | 1.26 | 1.28 | 1.05 |

Tablo 5.2 Doğa koleji 6-B sınıfı EDT ölçüm sonuçları



Şekil 5.3 Doğa koleji 6-B sınıfı EDT ölçüm sonuçları grafiği

Doğa koleji sınıfı için yapılan ölçümde, erken düşme süresi (EDT-1000Hz) 1.26 s olarak ölçülmüştür. EDT'nin RT'den büyük olması erken ses enerjisinin iyi durumda olduğunu göstermektedir. Bu ölçümdeki bulgularda EDT'nin yalnızca 1000 ve 2000 Hz'lerde RT'den büyük olduğu görülmektedir. Bu durum diğer frekanslar için erken yansımaların yoğunluğunun azaldığını göstermektedir. RT parametresi ile doğru orantılı oluşu her iki parametrenin ortalama sonuçlarına bakıldığında net bir şekilde

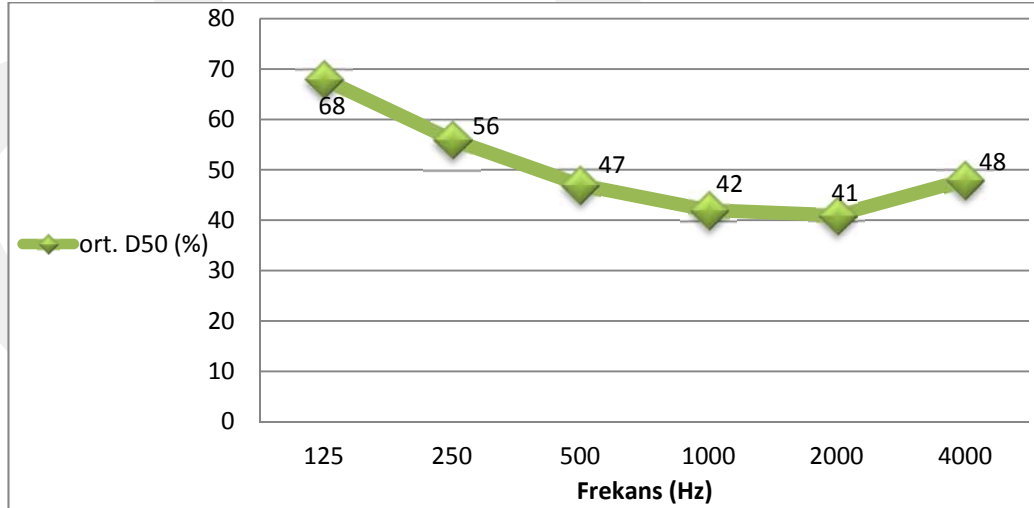
gözlenmektedir. Bu parametreyi optimum değerlere taşımak için RT parametresi için önerilen yutucu yüzey uygulama önerisi EDT içinde geçerlidir.

### 5.1.3. Konuşmanın belirginliği (D50)

Aşağıdaki Tablo 5.3’de Doğa Koleji 6-B sınıfa ait 125-4000 bant aralığında ölçülen ortalama, minimum ve maksimum konuşmanın belirginliği (D50) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.4’de verilen grafikte ise Tablo 5.3’de verilen ortalama değerlerin grafikteki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 1.3 ‘de verilmektedir.

| DOĞA KOLEJİ 6-B SINIFI |     |     |     |      |      |      |
|------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| D50                    |     |     |     |      |      |      |
| Bant (Hz)              | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| Minimum                | 45  | 45  | 37  | 33   | 37   | 43   |
| Maksimum               | 80  | 71  | 56  | 50   | 46   | 52   |
| Ortalama               | 68  | 56  | 47  | 42   | 41   | 48   |

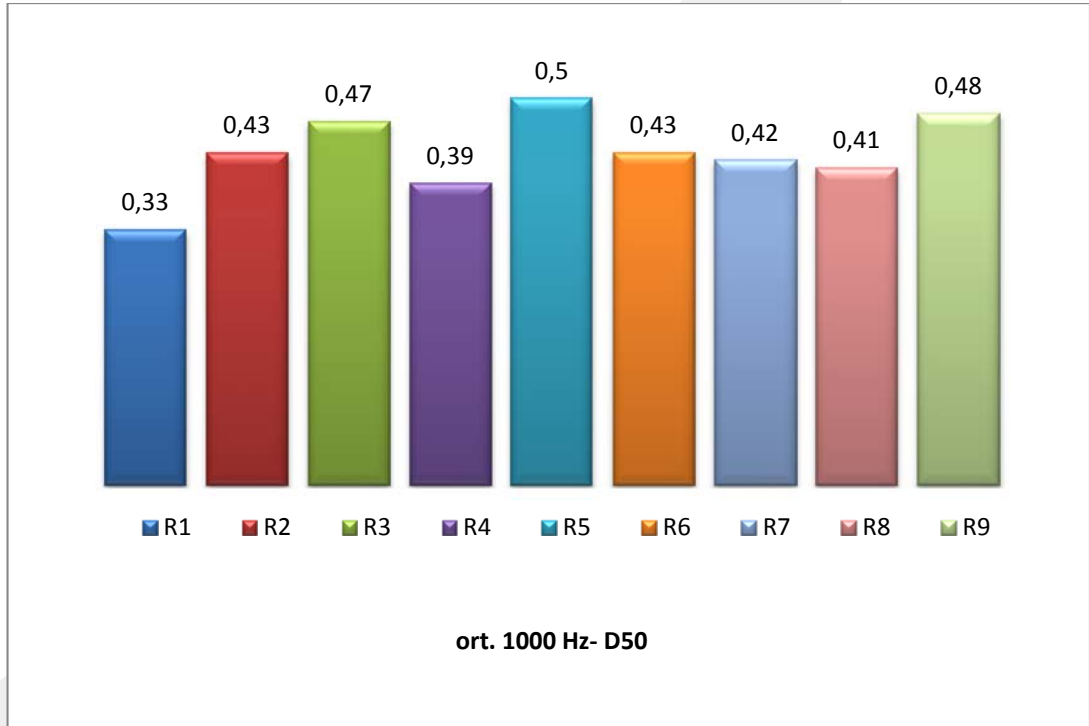
Tablo 5.3 Doğa koleji 6-B sınıfı D50 ölçüm sonuçları



Şekil 5.4 Doğa Koleji 6-B sınıfı D50 ölçüm sonuçları grafiği

Doğa koleji sınıfı için yapılan ölçümde, konuşmanın belirginliği (D50-1000Hz) %42 olarak ölçülmüştür. Şekil 5.4’ deki grafiğe bakıldığında düşük

frekanslardaki konuşmanın belirginliği yüzdelerin, orta ve yüksek frekanstaki yüzdelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum sınıfın tavanındaki yansıtıcılardan kaynaklı, erken yansımaları göndermede fazlasıyla etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir. Düşük frekanslardaki çınlamanın yeterli değerlere yakın oluşu da yine bu frekanslar için D50 değerlerinin yeterli oranlarda bulunmasına katkı sağlamıştır.



Şekil 5.5 Doğa Koleji 6-B sınıfı 1000 Hz' deki ortalama D50 değerleri (Alıcı konumları Bkz. Şekil 4.14)

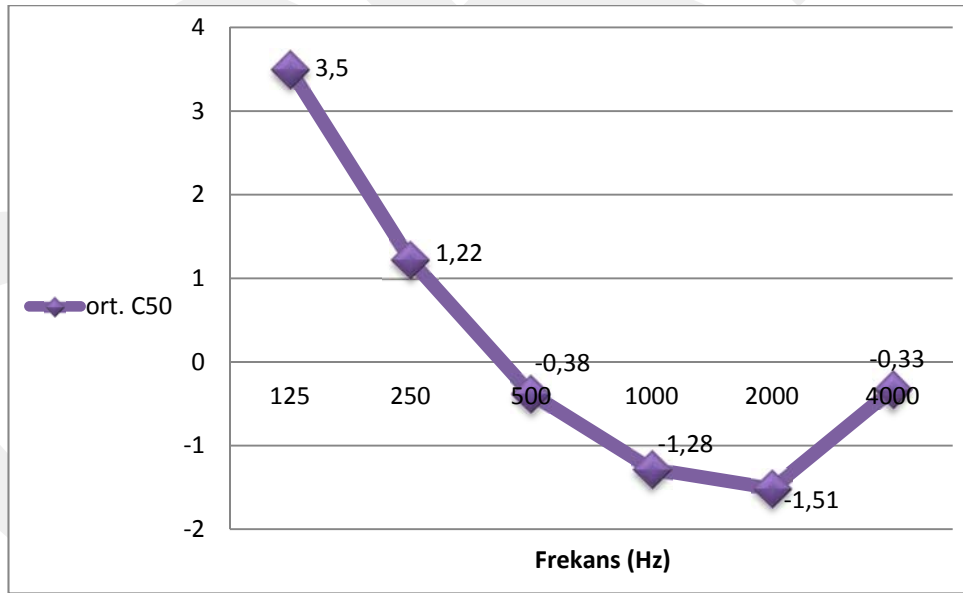
Şekil 5.5'deki grafiğe bakıldığında arka sıralardaki kaynak konumları olan R3, R6, R9 a ait değerlerin ön sıralardaki değerlere göre ilk yansımaların daha yüksek oranda ulaştığı görülmektedir. Bu durum sınıf tavanlarında yansıtıcı yüzey kullanılmasının gerekli olduğunu şeklinde yorumlanabilir.

#### 5.1.4. Konuşmanın açıklığı-netliği (C50)

Aşağıdaki Tablo 5.4’ de Doğa Koleji 6-B sınıfa ait 125-4000 bant aralığında ölçülen ortalama, minimum ve maksimum konuşmanın açıklığı-netliği (C50) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.5 de verilen grafikte ise Tablo 5.4 de verilen ortalama değerlerin grafikteki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 1.4 ‘de verilmektedir.

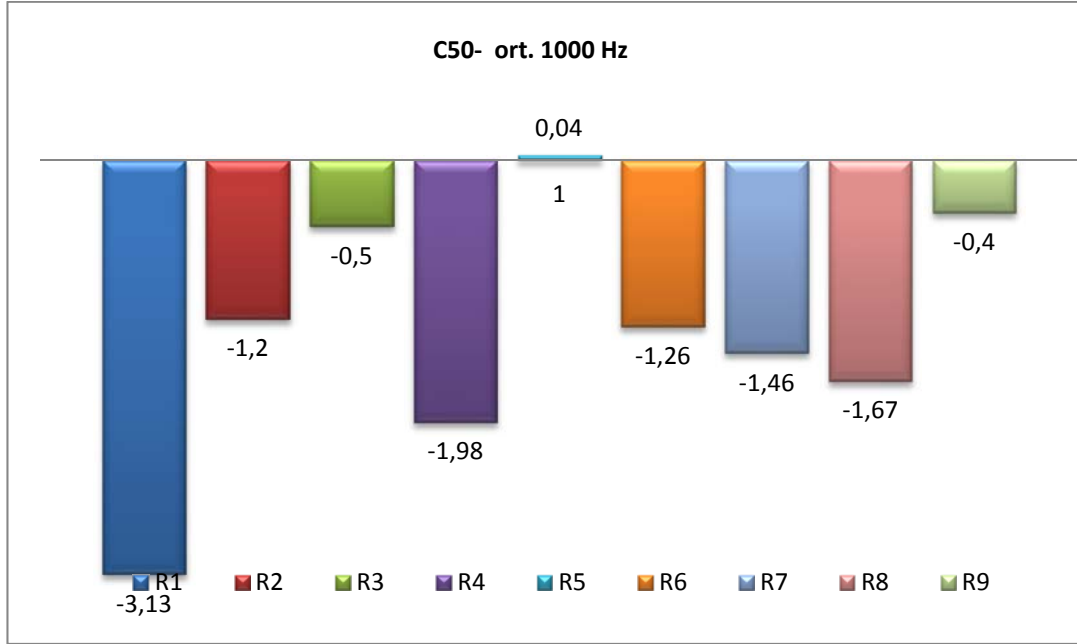
| DOĞA KOLEJİ 6-B SINIFI |       |       |       |       |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C50                    |       |       |       |       |       |       |
| Bant (Hz)              | 125   | 250   | 500   | 1000  | 2000  | 4000  |
| Minimum                | -0.79 | -0.94 | -2.25 | -3.13 | -2.4  | -1.28 |
| Maksimum               | 5.9   | 3.91  | 1     | 0.04  | -0.63 | 0.34  |
| Ortalama               | 3.5   | 1.22  | -0.38 | -1.28 | -1.51 | -0.33 |

Tablo 5.4 Doğa koleji 6-B sınıfı C50 ölçüm sonuçları



Şekil 5.6 Doğa Koleji 6-B sınıfı C50 ölçüm sonuçları grafiği

Doğa koleji sınıfı için yapılan ölçümde, konuşmanın belirginliği (C50-1000Hz) -1,28 dB olarak ölçülmüştür. C50 parametresi çınlama süresi ile ters orantılıdır. Bu durum ortalama ölçümlere bakıldığında açıkça görülmektedir.



Şekil 5.7 Doğa Koleji 6-B sınıfı 1000 Hz' deki ortalama C50 değerleri (Alıcı konumları Bkz. Şekil 4.14)

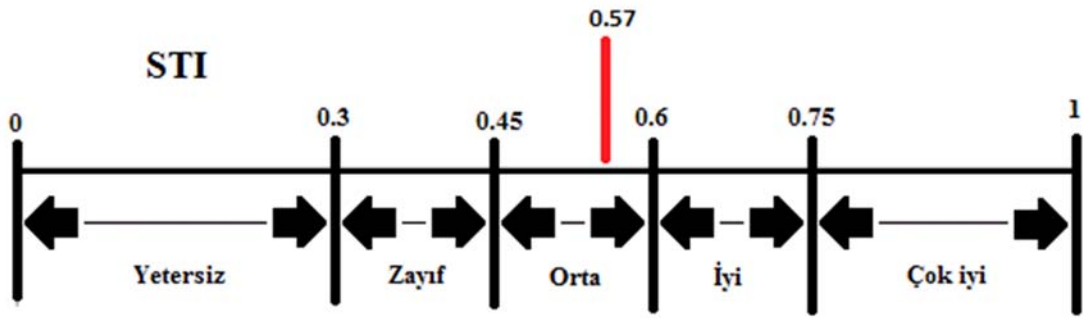
Yukarıdaki Şekil 5.7'de alıcı noktalarına ait ölçümlerin negatif ve negatife yakın olduğu görülmektedir. Bu durum alıcı noktalarına gelen erken enerjinin, çınlayan enerjiye göre daha zayıf olduğu göstermektedir. D50 parametresinde olduğu gibi C50 parametresinde de yüksek değerler kabul edilebilir düzeylerdedir. C50 değerlerinin yükseltmek için hacimdeki çınlama düşürülmelidir. C50 değerlerinin düşük olduğu hacimlerde, sesin netliği için kaynağa yakınlık önem kazanmaktadır.

### 5.1.5. Konuşma iletim indeksi (STI)

Aşağıdaki Tablo 5.5'de Doğa Koleji 6-B sınıfına ait ölçülen ortalama, minimum ve maksimum konuşma iletim indeksi (STI) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.8'de verilen grafikte ise Tablo 5.5' de verilen ortalama değerlerin STI cetvelindeki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 1.5 'de verilmektedir.

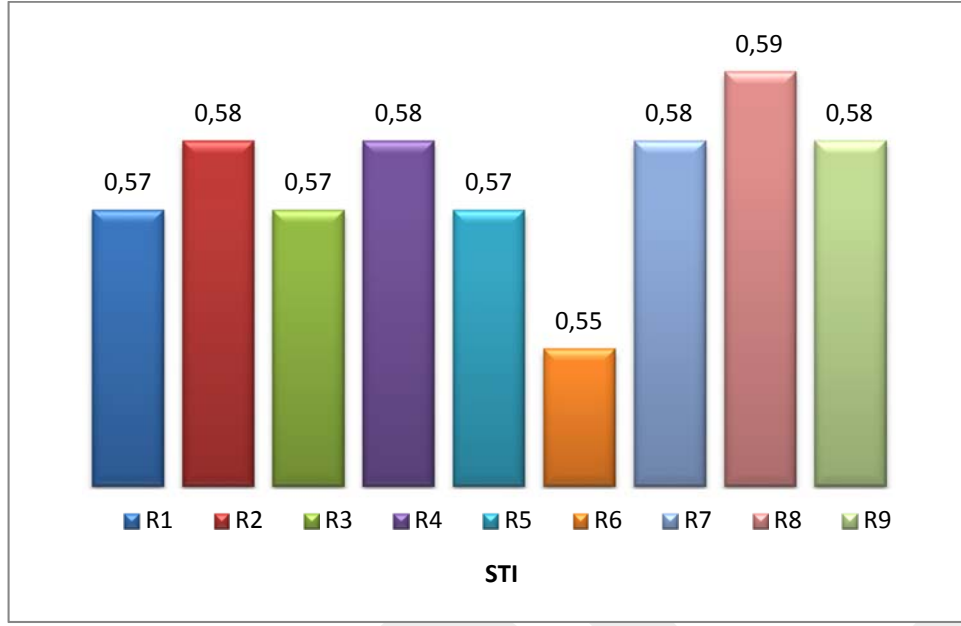
| DOĞAKOLEJİ6-B<br>SINIFI |      |
|-------------------------|------|
| STI                     |      |
| Minimum                 | 0.55 |
| Maksimum                | 0.59 |
| Ortalama                | 0.57 |

Tablo 5.5 Doğa koleji 6-B sınıfı STI ölçüm sonuçları



Şekil 5.8 Doğa Koleji 6-B sınıfı STI cetvelindeki ortalama ölçüm sonucu

İyi bir konuşma ortamı için STI değerinin 0,6'dan büyük olması gerekmektedir. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında Doğa Koleji 6-B sınıfı için yapılan ölçümde, konuşma iletim indeksi (STI) 0,57-orta olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.9 Doğa Koleji 6-B sınıfı alıcı konumlara göre STI değerleri (Alıcı konumları Bkz. Şekil 4.14)

Yukarıdaki Şekil 5.9'a bakıldığında orta sıralardaki alıcı konumları olan R2, R4 ve R8'e ait değerlerin, diğer alıcı konumlarına oranla az da olsa daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Bu duruma, tavan ve dolaplardan iletilen ses yansımalarının sebep olduğu söylenebilir. STI parametresi yansımaların yön ve şiddetinden etkilenmektedir. Fazla miktarda tavan yansıtıcılarına sahip olan bu sınıfta orta ve arka alıcı noktalarındaki değerlerin, kaynağa yakın olan ön sıralardaki alıcı noktalarındaki değerlerden fazla olması, STI parametresi için direkt sestten sonra gelen yararlı yansımaların bu parametre için verimli olduğu yorumu yapılabilir. Bu durumu destekleyen bir başka ölçüm ise bu sınıf için en yüksek değerde ölçülen 0,58 değerindeki R8 alıcı noktasının yanında bulunan, sesi yansıtabilecek dolapların oluşudur.

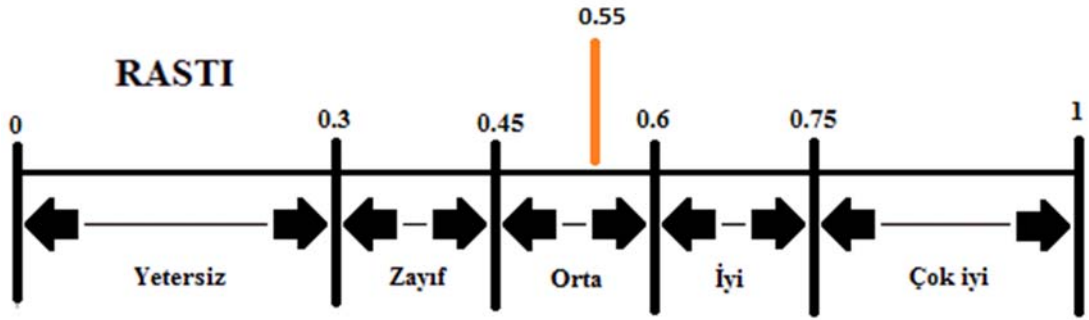
### 5.1.6 Hızlı konuşma iletim indisi (RASTI)

Aşağıdaki Tablo 5.6'da Doğa Koleji 6-B sınıfına ait ölçülen ortalama, minimum ve maksimum hızlı konuşma iletim indisi (RASTI) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.10'da verilen grafikte ise Tablo 5.6' da verilen ortalama

değerlerin RASTI cetvelindeki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 1.6 'de verilmektedir.

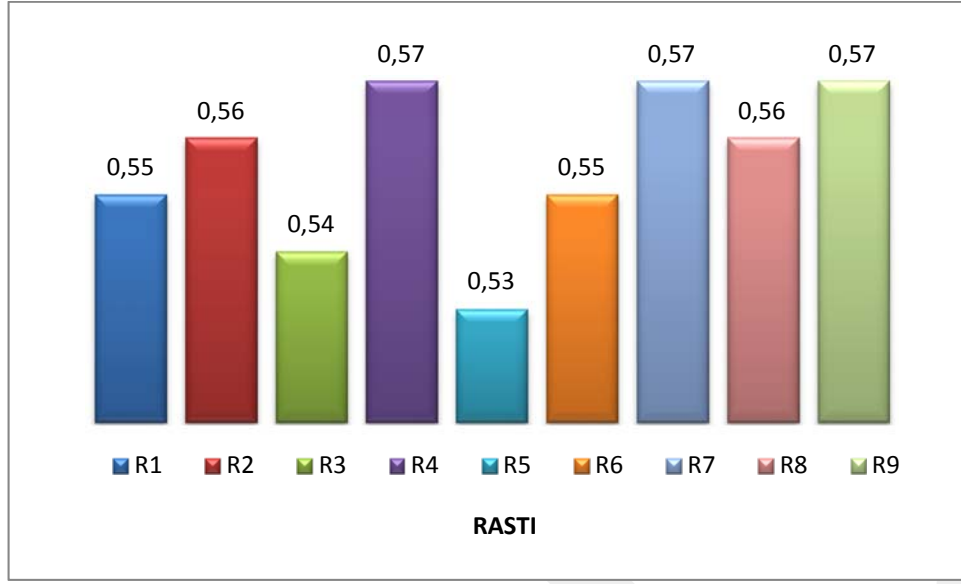
| DOĞAKOLEJİ 6-B |      |
|----------------|------|
| SINIFI         |      |
| RASTI          |      |
| Minimum        | 0.53 |
| Maksimum       | 0.57 |
| Ortalama       | 0.55 |

Tablo 5.6 Doğa koleji 6-B sınıfı RASTI ölçüm sonuçları



Şekil 5.10 Doğa Koleji 6-B sınıfı RASTI cetvelindeki ortalama ölçüm sonucu

İyi bir konuşma ortamı için aynı prensipte ölçüm yapan RASTI değerinin de STI parametresinde olduğu gibi 0,6'dan büyük olması gerekmektedir. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında Doğa Koleji 6-B sınıfı için yapılan ölçümde, hızlı konuşma iletim indeksi (RASTI) 0,55-orta olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.11 Doğa Koleji 6-B sınıfı alıcı konumlara göre RASTI değerleri (Alıcı konumları Bkz. Şekil 4.14)

Yukarıdaki Şekil 5.11’de görüldüğü gibi ölçülen STI parametresine benzer sonuçlar elde edilmiştir fakat kaynağa yakınlık bu parametrede de önem kazanmıştır. Kaynağa yakınlığın önem kazanması ölçülen diğer parametrelerde olduğu gibi arka plan gürültüsü ve çınlamanın fazla olmasının yanında 500 ve 2000 Hz’lerde ölçüm yapan RASTI parametresinin, bu frekanslara ait yararlı yansımaların arka sıralara ulaşmaması şeklinde yorumlanabilir. Yararlı yansımaları en iyi şekilde alan alıcı noktaları dolap kenarlarında olan R7,R8 ve R9 alıcı noktalarıdır.

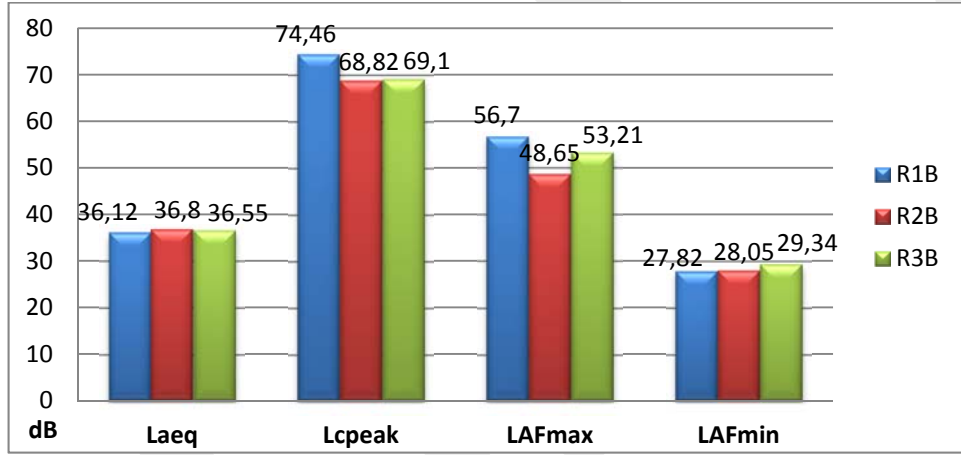
### 5.1.7. Arka Plan Gürültüsü

Arka plan gürültü düzeyi ölçümleri Doğa Koleji sınıfında Şekil 4.14’de belirtilen 3 farklı pozisyonda yapılmıştır. Ölçümler oturur vaziyette kulak hizası olan 1.1m zemin yüksekliğini esas alınarak yapılmıştır. Arka plan gürültü düzeyi ölçümleri sırasında pencereler kapalıdır ve sınıflarda öğrenci bulunmamaktadır. Aşağıdaki Tablo 5.7’de Doğa koleji 6-B Sınıfı sınıfına ait ölçülen Laeq, Lcpeak, LAFmax ve LAFmin ölçüm sonuçları verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 1.7 ‘de verilmektedir.

Fon gürültüsünün optimum sınırlarda olması, mekanda konuşmanın anlaşılabilirliğinin sağlanması açısından önemli bir değişkendir. Bu çalışmada ölçülen hacim akustiği parametrelerinden RT, EDT, D50, C50 ve STI-RASTI parametreleri de arka plan gürültüsünden etkilenmektedir.

| dB         | Laeq  | Lcpeak | LAFmax | LAFmin |
|------------|-------|--------|--------|--------|
| <b>R1B</b> | 36.12 | 74.46  | 56.7   | 27.82  |
| <b>R2B</b> | 36.8  | 68.82  | 48.65  | 28.05  |
| <b>R3B</b> | 36.55 | 69.1   | 53.21  | 29.34  |

Tablo 5.7 Doğa Koleji 6-B Sınıfı Arka Plan gürültü düzeyi ölçümleri



Şekil 5.12 Doğa Koleji 6-B Sınıfı Arka Plan gürültü düzeyi ölçümleri (Alıcı konumları Bkz. Şekil 4.14)

Ülkemizde yönetmelik düzeyinde, sınıflarda kabul edilebilir yapı içi gürültü düzeyi pencereler kapalı olduğunda 35 dB olarak belirlenmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2002/49/EC). Yukarıdaki Şekil 5.12'deki grafiğe bakıldığında ölçülen bu sınıf ile ilgili olarak, ülkemizde kabul edilebilir sınır değerlere çok yakın olduğu görülmektedir. Ölçülen 3 farklı alıcı noktalarındaki ölçümler de birbirine çok yakın değerlerde ölçülmüştür. Pencereye olan yakınlıkları sırası ile R1B, R2B ve R3B olan alıcı noktaları değerleri, birbirine yakınlıkları sebebi ile bu sınıf hakkında iyi bir yalıtıma sahip olduğu yorumu yapılabilir. Lcpeak seviyelerine bakıldığında ise R1B alıcı noktasındaki artışın, dış mekândan kaynaklı olarak, ölçüm sırasında görülen ani bir ses artışının bu değeri yükselttiği düşünülmektedir.

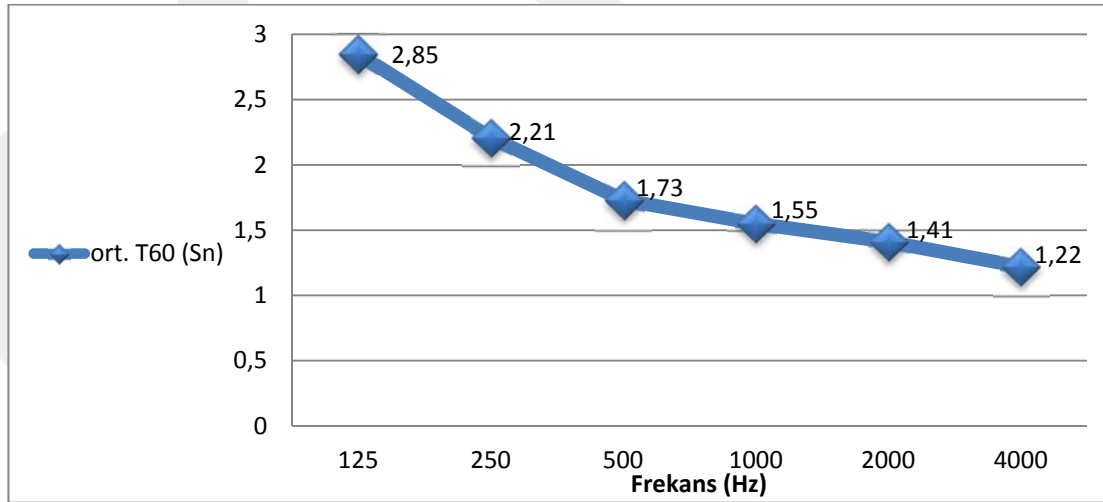
## 5.2. İMKB Alparslan Ortaokulu'ndaki sınıf için yapılan akustik analizler

### 5.2.1 Çınlama süresi (Reverberation Time – T30)

Aşağıdaki Tablo 5.8' de İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfa ait 125-4000 bant aralığında ölçülen ortalama, minimum ve maksimum çınlama süresi (T30) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.13'de verilen grafikte ise Tablo 5.8'de verilen ortalama değerlerin grafikteki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 2.1 'de verilmektedir.

| ALPARSLAN ORTAOKULU 5-K SINIFI |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| T30 (s)                        |      |      |      |      |      |      |
| Bant (Hz)                      | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Minimum                        | 2.62 | 2.01 | 1.58 | 1.41 | 1.32 | 1.17 |
| Maksimum                       | 3.18 | 2.39 | 1.84 | 1.66 | 1.47 | 1.29 |
| Ortalama                       | 2.85 | 2.21 | 1.73 | 1.55 | 1.41 | 1.22 |

Tablo 5.8 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı çınlama süresi ölçüm sonuçları



Şekil 5.13 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı T30 ölçüm sonuçları grafiği

İMKB Alparslan Ortaokulu sınıfı için yapılan ölçümde, çınlama süresi (T30-1000Hz) 1.55 s olarak ölçülmüştür. Şekil 5.13'ye bakıldığında ortalama T30 ölçüm grafiğinin azalan eğimli bir grafik olduğu görülmektedir. Yüksek enerjiye sahip uzun

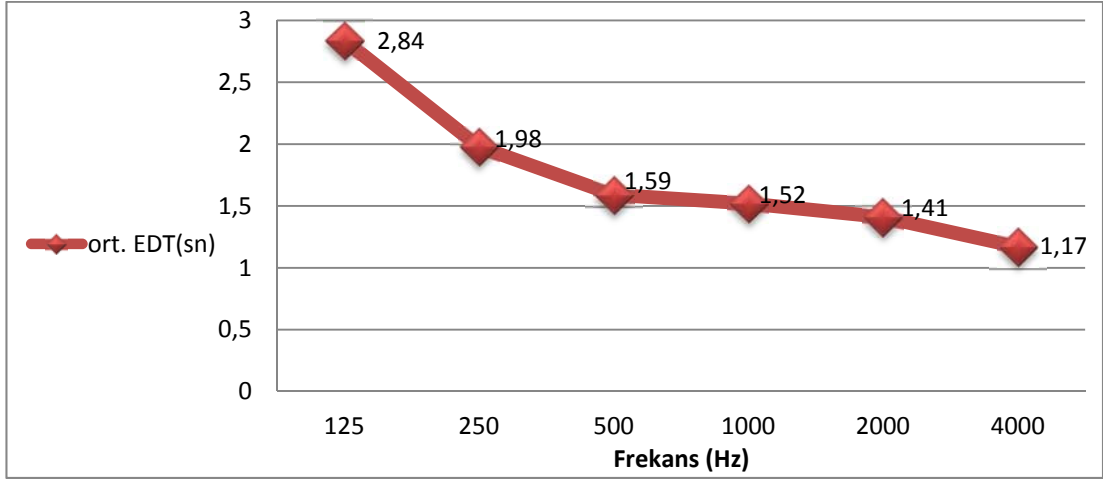
dalga boyundaki düşük frekansların, aşırı yüksek değerlerde ölçülmesi (125 Hz : 2.85 sn, 250 Hz : 2.21 sn) bu eğimin oluşmasına sebep olmuştur. Tavan ve duvar yüzeylerinde yutucu malzeme kullanılmamış olması, bu sınıfta çınlamanın yüksek değerlerde oluşunun en önemli sebebidir. Devlet okullarında kullanılan kumaş yüzeyli kâğıt panosu, şüphesiz ki yutucu bir etki göstermiştir fakat sınıf hacmine oranla düşük yüzey alanına sahip olması, bu etkinin çok düşük oranlarda olmasına sebep olmuştur. Hacim olarak yeterli büyüklüğe sahip olan bu sınıf yüzeylerinde, pano dışında hiç yutucu yüzey kullanılmaması, sınıf akustiğinde kabul edilebilir değerlerden uzak bir görünüm sergilemektedir.

### 5.2.2. Erken Düşme Süresi (Early Decay Time – EDT)

Aşağıdaki Tablo 5.9’ da İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfa ait 125-4000 Hz bant aralığında ölçülen ortalama, minimum ve maksimum erken düşme süresi (EDT) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.14’de verilen grafikte ise Tablo 5.9 da verilen ortalama değerlerin grafikteki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 2.2 ‘de verilmektedir.

| ALPARSLAN ORTAOKULU 5-K SINIFI |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| EDT (s)                        |      |      |      |      |      |      |
| Bant (Hz)                      | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Minimum                        | 2.36 | 1.62 | 1.46 | 1.45 | 1.31 | 1    |
| Maksimum                       | 3.22 | 2.33 | 1.74 | 1.67 | 1.5  | 1.28 |
| Ortalama                       | 2.84 | 1.98 | 1.59 | 1.52 | 1.41 | 1.17 |

Tablo 5.9 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı EDT ölçüm sonuçları



Şekil 5.14 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı EDT ölçüm sonuçları grafiği

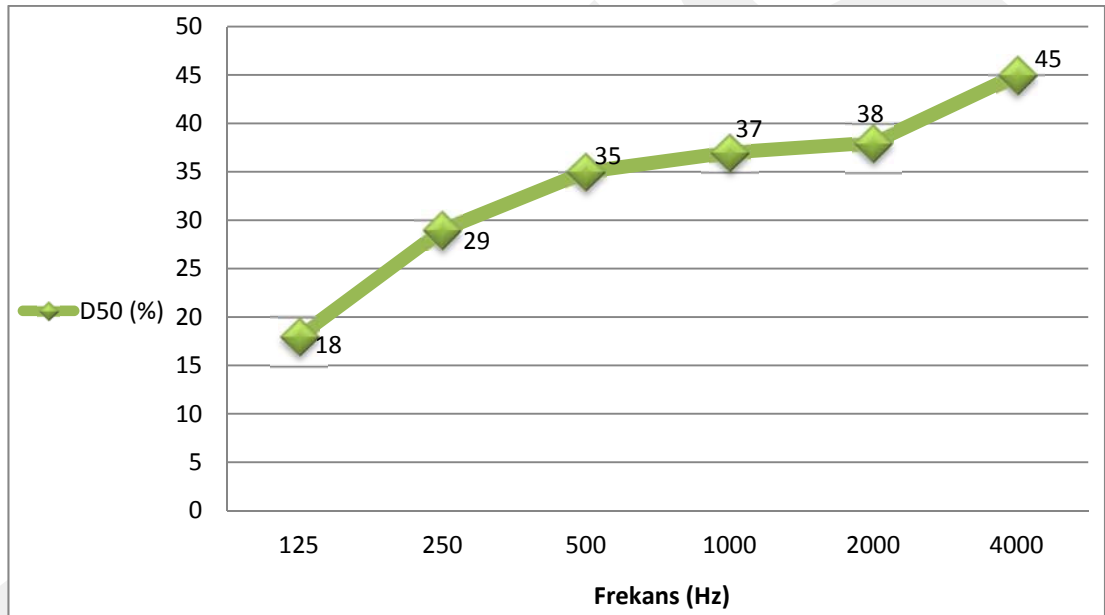
İMKB Alparslan Ortaokulu sınıfı için yapılan ölçümde, erken düşme süresi (EDT-1000Hz) 1.52 s olarak ölçülmüştür. Literatürde belirtildiği gibi EDT'nin RT'den %10 daha fazla olması veya RT'ye eşit olması iyi bir akustik için gereklidir. Bu sınıf için EDT ve RT değerlerine bakıldığında, EDT RT'ye ya eşit ya da düşük seviyelerdedir. Yansımanın yüksek oranlarda olduğu bu hacim için EDT değeri, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından kabul edilebilir değerlerden uzaktır.

### 5.2.3. Konuşmanın belirginliği (D50)

Aşağıdaki Tablo 5.10' da İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfa ait 125-4000 bant aralığında ölçülen ortalama, minimum ve maksimum konuşmanın belirginliği (D50) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.15'de verilen grafikte ise Tablo 5.10 da verilen ortalama değerlerin grafikteki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 2.3 'de verilmektedir.

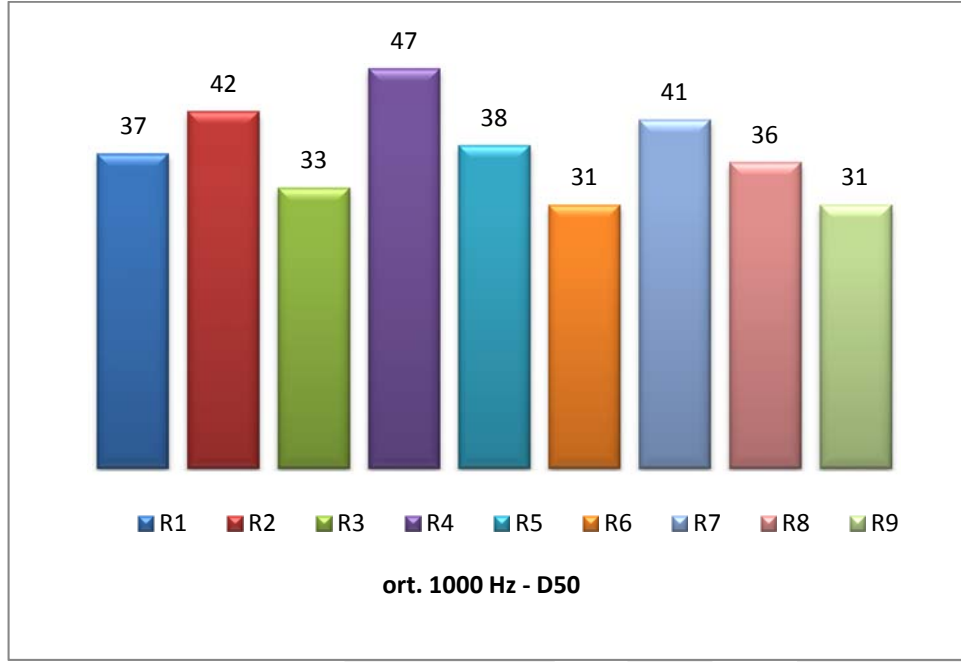
| ALPARSLAN ORTAOKULU 5-K SINIFI |     |     |     |      |      |      |
|--------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| D50                            |     |     |     |      |      |      |
| Bant (Hz)                      | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| Minimum                        | 11  | 20  | 25  | 31   | 32   | 38   |
| Maksimum                       | 25  | 44  | 51  | 47   | 53   | 58   |
| Ortalama                       | 18  | 29  | 35  | 37   | 38   | 45   |

Tablo 5.10 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı D50 ölçüm sonuçları



Şekil 5.15 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı D50 ölçüm sonuçları grafiği

İMKB Alparslan Ortaokulu sınıfı için yapılan ölçümde, konuşmanın belirginliği (D50-1000Hz) 0,37 olarak ölçülmüştür. D50 parametresi RT parametresi ile ters orantılıdır. Yukarıdaki Şekil 5.15 'deki grafiğe bakıldığında bu sınıf için ölçülen D50'nin yine bu sınıf için ölçülen Şekil 5.13'deki çınlama süresi grafiği ile ters orantılı olduğu görülmektedir. RT ölçümlerinde çok yüksek değerlerde bulunan 125 ve 250 Hz deki ölçümlerin, D50 ölçümünde de fazlasıyla düşük değerlerde olduğu ve bu iki frekanstaki değerler sebebi ile bu sınıf için konuşmanın belirginliği zayıftır yorumu yapılabilir. Aynı zamanda bu durum D50 parametresi gibi birçok parametrenin T30 parametresinden etkilendiğini ve T30 parametresinin önemini kanıtlar niteliktedir.



Şekil 5.16 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı 1000 Hz’ deki ortalama D50 değerleri (Alıcı konumları Bkz. Şekil 4.15)

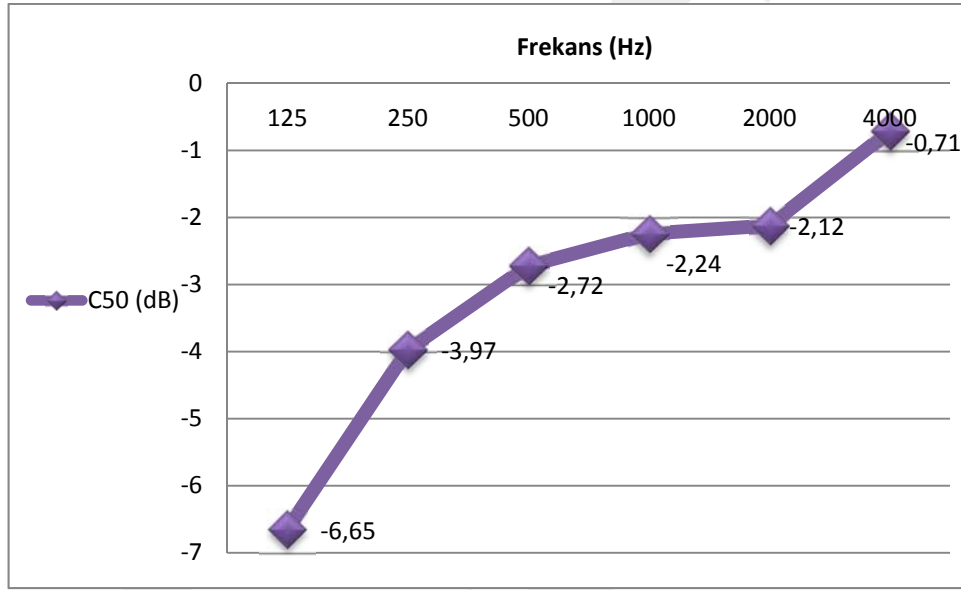
Şekil 5.16’deki grafiğe bakıldığında orta sıralardaki kaynak konumları olan R2, R5 ve R8’e ait değerlerin arka sıralardaki değerlere göre ilk yansımaların daha yüksek oranda ulaştığı görülmektedir. Bu okuldaki sınıflara ait tavanlarda 2 adet kiriş bulunmaktadır. Şekil 4.15 ‘deki sınıf görüntüsüne bakıldığında kaynak konumu olan S1’in, arka sıralara giden tavan yansımalarına, tavanda bulunan kirişler sebebi ile engel teşkil ettiği yorumu yapılabilir. Bu ölçüm çerçevesinde tavan yansımalarında, geometrinin öneminden ve dikdörtgen planlı sınıflarda düz bir tavan uygulaması gerekliliğinden bahsedilebilir.

#### 5.2.4. Konuşmanın açıklığı-netliği (C50)

Aşağıdaki Tablo 5.11’ İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfa ait 125-4000 bant aralığında ölçülen ortalama, minimum ve maksimum konuşmanın açıklığı-netliği (C50) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.17’de verilen grafikte ise Tablo 5.11 de verilen ortalama değerlerin grafikteki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 2.4 ‘de verilmektedir.

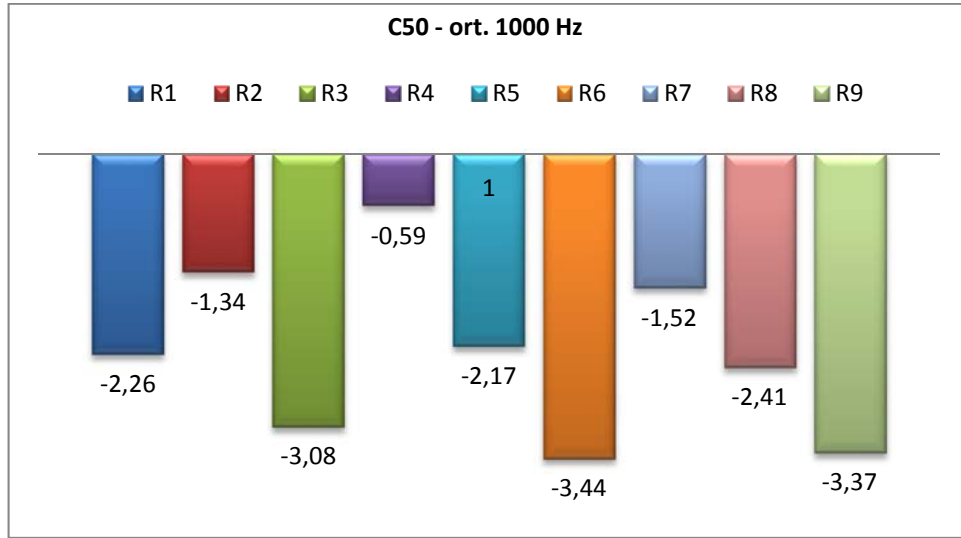
| ALPARSLAN 5-K SINIFI |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C50                  |       |       |       |       |       |       |
| Bant (Hz)            | 125   | 250   | 500   | 1000  | 2000  | 4000  |
| Minimum              | -8.98 | -6.08 | -4.7  | -3.44 | -3.18 | -2.09 |
| Maksimum             | -4.67 | -1.02 | 0.23  | -0.59 | 0.56  | 1.42  |
| Ortalama             | -6.65 | -3.97 | -2.72 | -2.24 | -2.12 | -0.71 |

Tablo 5.11 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı C50 ölçüm sonuçları



Şekil 5.17 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı C50 ölçüm sonuçları grafiği

İMKB Alparslan Ortaokulu sınıfı için yapılan ölçümde, konuşmanın belirginliği (C50-1000Hz) -2.24 dB olarak ölçülmüştür. C50 parametresinin negatif değerler alması, alıcı noktasına ilk 50 ms içinde gelen ses enerjisinin, bu süreden sonra gelen yansıyan ses enerjisine göre daha az olmasıyla ilgilidir. D50 parametresinde olduğu C50 parametresinde de yüksek değerler daha iyi netlik anlamındadır. Ölçülen bu sınıf da konuşmanın netliği düşük seviyelerdedir.



Şekil 5.18 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı 1000 Hz' deki ortalama C50 değerleri (Alıcı konumları Bkz. Şekil 4.15)

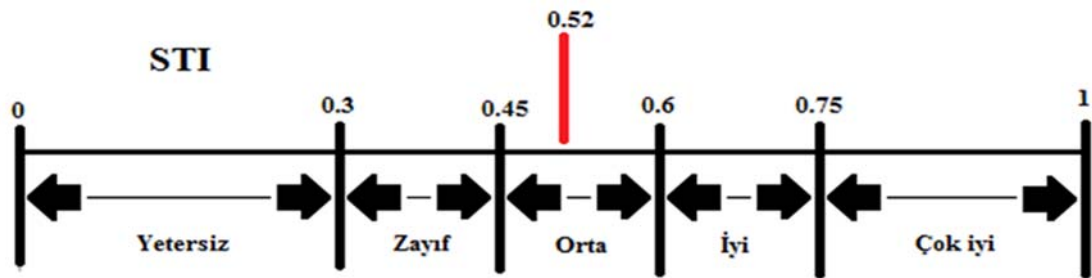
Ölçülen tüm frekanslara ait değerlerin negatif çıkması, bu sınıftaki çınlayan enerjinin erken enerjiden fazla olduğunu gösterir fakat müzik için kullanılan salonlarda ki istenen çınlama, eğitim sınıfları gibi konuşmanın anlaşılabilirliğinde önem taşıyan hacimlere göre daha yüksektir. C80 parametresi konuşmanın anlaşılabilirliğinden çok müzikle ilişkili olduğundan, fazla yansımanın bu sınıfta müzik için yararlı olabileceği sonucuna varılabilir. Okullarda ortak müzik sınıfları olması öncelikli tercihtir fakat sınıflarda yapılan müzik dersleri için bu sınıf ve ölçümler, bu parametre için uygun değerlerdedir.

### 5.2.5. Konuşma iletim indeksi (STI)

Aşağıdaki Tablo 5.12'de İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfına ait ölçülen ortalama, minimum ve maksimum konuşma iletim indeksi (STI) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.19'da verilen grafikte Tablo 5.12'de verilen ortalama değerlerin grafikteki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 2.5 'de verilmektedir.

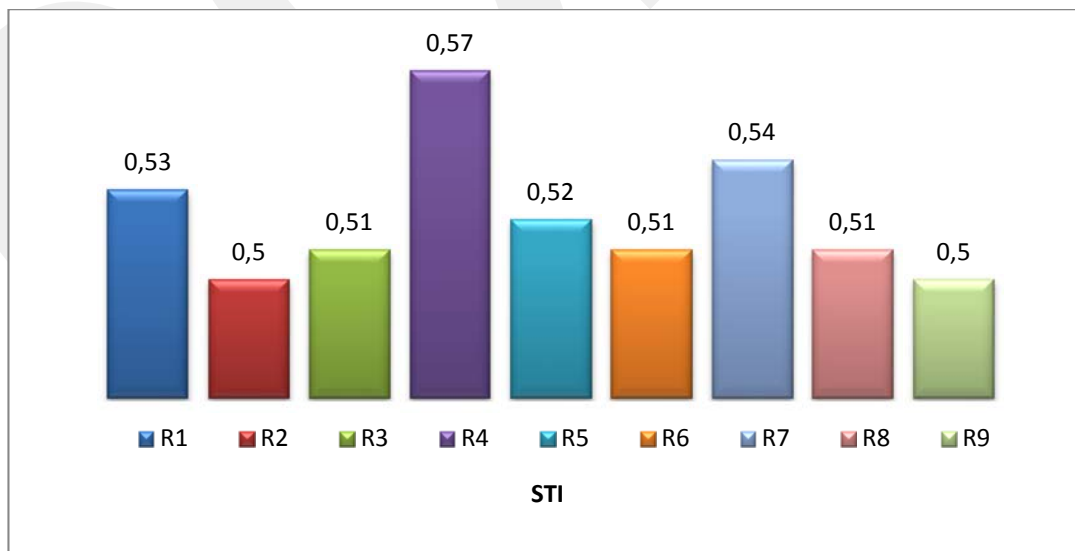
| ALPARSLAN ORTAOKULU 5-L SINIF |      |
|-------------------------------|------|
| STI                           |      |
| Minimum                       | 0.5  |
| Maksimum                      | 0.57 |
| Ortalama                      | 0.52 |

Tablo 5.12 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı STI ölçüm sonuçları



Şekil 5.19. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı STI cetvelindeki ortalama ölçüm sonucu

İMKB Alparslan Ortaokulu sınıfı için yapılan ölçümde, konuşma iletim indeksi (STI) 0,52-orta olarak ölçülmüştür. İyi bir konuşma iletimi için STI ölçümünün 0,6'dan büyük olması gerekmektedir.



Şekil 5.20 İMKB Alparslan Ortaokulu Alıcı konumlarına göre STI değerleri (Alıcı konumları Bkz. Şekil 4.15)

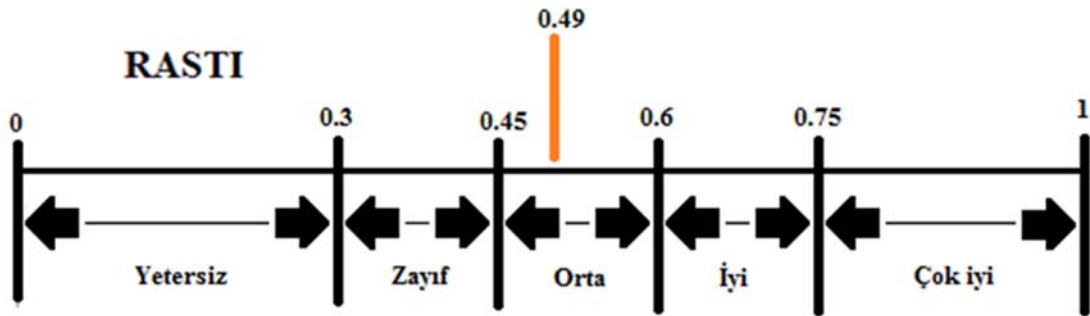
Yukarıdaki Şekil 5.20'ye bakıldığında ölçülen diğer okul olan Doğa Koleji 6-B sınıfında olduğu gibi ön sıralardaki alıcı konumları olan R1, R4 ve R7'e ait değerlerin diğer alıcı konumlarına oranla az da olsa daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi olarak sınıfın arkasında yer alan alıcı noktalarına tavan veya duvardan iletilen yararlı ses yansımalarının bu sınıf için yetersiz olduğu söylenebilir. Yutucu ve bilinçli yansıtıcı yüzey kullanılmamış hacimlerde STI parametresi için kaynağa yakınlık önem kazanmaktadır.

### 5.2.6. Hızlı konuşma iletim indeksi (RASTI)

Aşağıdaki Tablo 5.13'de İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfına ait ölçülen ortalama, minimum ve maksimum hızlı konuşma iletim indeksi (RASTI) ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 5.21'de verilen grafikte ise Tablo 5.13'de verilen ortalama değerlerin grafikteki yeri verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 2.6 'da verilmektedir.

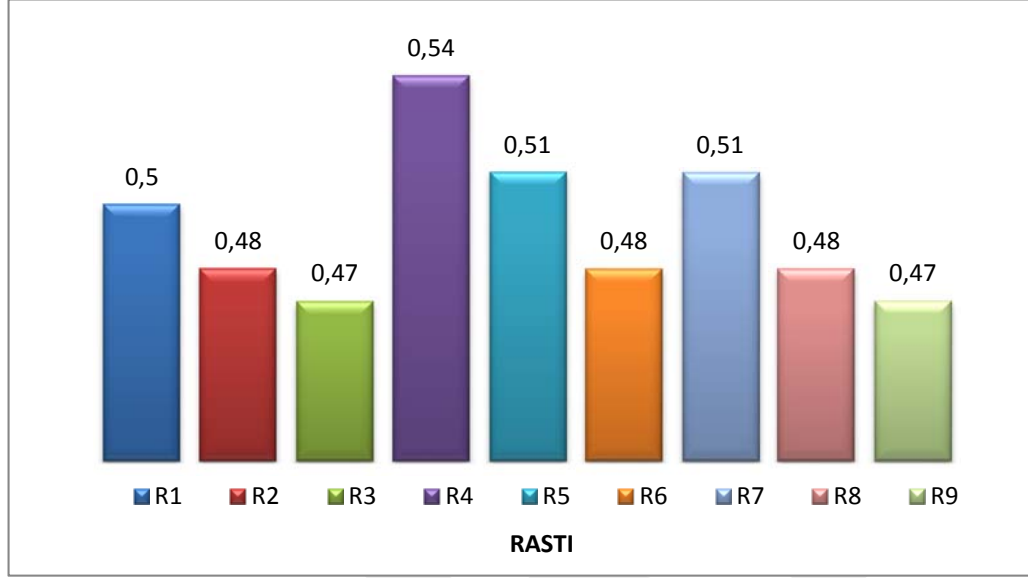
| ALPARSLAN ORTAOKULU 5-L SINIFI |      |
|--------------------------------|------|
| RASTI                          |      |
| Minimum                        | 0.47 |
| Maksimum                       | 0.54 |
| Ortalama                       | 0.49 |

Tablo 5.13 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı RASTI ölçüm sonuçları



Şekil 5.21 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı STI cetvelindeki ortalama ölçüm sonucu

İMKB Alparslan Ortaokulu sınıfı için yapılan ölçümde, hızlı konuşma iletim indeksi (RASTI) 0,49-orta olarak ölçülmüştür. İyi bir konuşma iletimi için RASTI ölçümünün 0,6'dan büyük olması gerekmektedir.



Şekil 5.22 İMKB Alparslan Ortaokulu Alıcı konumlarına göre RASTI değerleri (Alıcı konumları Bkz. Şekil 4.15)

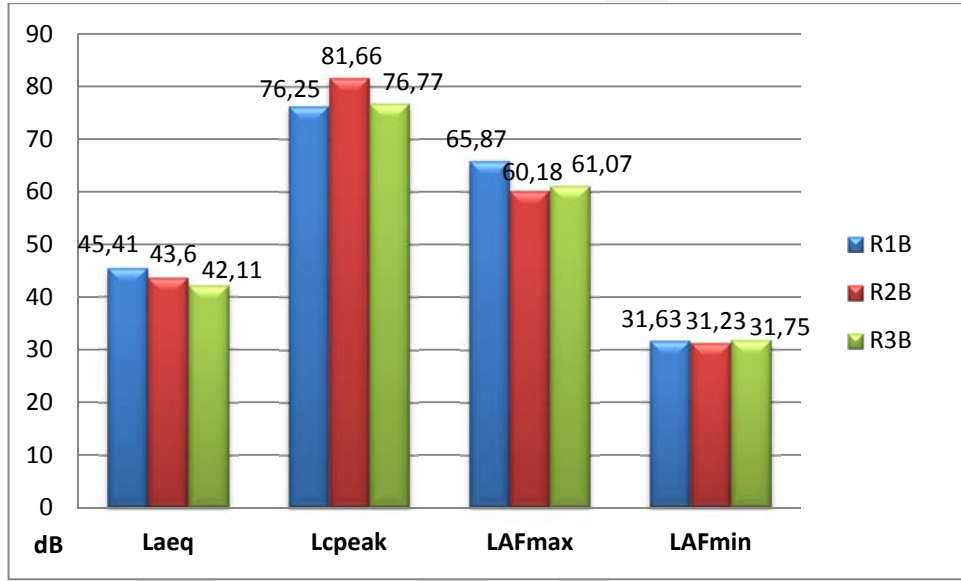
Modülasyon kaybı prensibi üzerinden hesaplama yapan STI ve RASTI parametreleri, yutucu yüzey uygulanmamış hacimlerde en iyi değerler kaynağa yakın olan alıcı noktalarında ölçülmektedir. Bu ölçümde de görüldüğü gibi yutucu ve düz yansıtıcı yüzeylerin gerekliliği STI ve RASTI parametreleri için önemlidir.

### 5.2.7. Arka Plan Gürültüsü

Arka plan gürültü düzeyi ölçümleri İMKB Alparslan Ortaokulu sınıfında Şekil 4.15 'de belirtilen 3 farklı pozisyonda yapılmıştır. Ölçümler oturur vaziyette kulak hizası olan 1.1m zemin yüksekliğini esas alınmıştır. Arka plan gürültü düzeyi ölçümleri sırasında pencereler kapalıdır ve sınıflarda öğrenci bulunmamaktadır. Aşağıdaki Tablo 5.14'de İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K Sınıfı'na ait ölçülen Laeq, Lcpeak, LAFmax ve LAFmin ölçüm sonuçları verilmektedir. Bu parametreye ait ölçümlerin detaylı bölümü Ek 2.7 'de verilmektedir.

| dB  | Laeq  | Lcpeak | LAFmax | LAFmin |
|-----|-------|--------|--------|--------|
| R1B | 45.41 | 76.25  | 65.87  | 31.63  |
| R2B | 43.6  | 81.66  | 60.18  | 31.23  |
| R3B | 42.11 | 76.77  | 61.07  | 31.75  |

Tablo 5.14 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K Sınıfı arka plan gürültü düzeyi ölçümleri grafiği



Şekil 5.23 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı arka plan gürültü düzeyi ölçümleri grafiği (Alıcı konumları Bkz. Şekil 4.15)

Ülkemizde yönetmelik düzeyinde, sınıflarda kabul edilebilir yapı içi gürültü düzeyi pencereler kapalı olduğunda 35 dB olarak belirlenmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2002/49/EC). Yukarıdaki Şekil 5.23'deki grafiğe bakıldığında ölçülen bu sınıf ile ilgili olarak, ülkemizde kabul edilebilir sınır değerlerden uzak olduğu görülmektedir. Ölçülen 3 farklı alıcı noktalarındaki ölçümler de pencereden uzaklığa göre azalan değerlere sahiptir. Pencereye olan yakınlıkları sırası ile R1B, R2B ve R3B olan alıcı noktalarındaki ölçülen değerler, pencerelere uzaklık sırası ile azalmaları, bu sınıfın iyi bir yalıtıma sahip olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Özellikle sınıf içi

gürültünün pencerelerdeki ses geçişleri sebebi ile olduğu sonucuna da varılabilir. Lcpeak seviyelerine bakıldığında ise R2B alıcı noktasındaki artışın, dış mekândan kaynaklı olarak, ölçüm sırasında görülen ani bir ses artışının bu değeri yükselttiği düşünülmektedir.

GCCRIS

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Temel amacı eğitim olan sınıflar, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından önem derecesi yüksek olan hacimlerdir. Bir hacmin akustiği, o hacmin büyüklüğüne, geometrisine, ses yalıtımına ve kullanılan yüzey gereçlerine göre şekillenmektedir. Tez çalışması kapsamında Ankara İli Çankaya İlçesinde bulunan iki okula ait, farklı anlayışlarla tasarlanmış sınıflar, hacim akustiği kapsamında araştırılmıştır. Araştırmada, konuşmanın anlaşılabilirliğinde etkili olan hacim akustiği parametreleri ölçümleri yapılmış, ölçümlerden elde edilen bulgular, her sınıfa özgü olarak grafik ve tablolar şeklinde değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara bakıldığında öncelikli olarak yüksek arka plan gürültüsünün, birçok parametreyi olumsuz yönde etkilemesinden kaynaklı izole mekânlar elde etmek, öncelikli üzerinde durulması gereken bir konudur. Ölçülen iki okula ait sınıfların çınlama ve erken düşüş süreleri, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından maskeleye yol açacak kadar yüksektir. Bu durumun önlenmesi için mutlak suretle, her iki ölçülen sınıfta kullanılmamış olan, yutucu yüzey uygulaması gereklidir. Yansıtıcı yüzeylerin ise, yararlı yansımaları daha iyi iletebilmek için, öğretmen ve öğrenci pozisyonlarına dikkat edilerek biçimlendirilmesi gerekmektedir. Yararlı yansımalar, ölçülen sınıflardaki çınlamamın fazla olmasından kaynaklı kabul edilebilir değerler almayan D50, C50 ve STI-RASTI parametrelerini de olumlu oranda etkileyeceğinden, sınıflarda geniş ve düz yüzeyler kullanılmalıdır. Doğa Koleji bu durumu kısmen uygulayabilmiştir. İMKB Alparslan Ortaokulu'nda ve birçok devlet okulu sınıfında görülen geometrideki kiriş gibi bozukluklar, yararlı yansımaları olumsuz yönde etkilemektedir.

Doğa koleji RT ve EDT ölçümlerine bakıldığında düşük frekanstaki 125 ve 250 Hz değerlerinin, istenen şekilde düşük olduğu görülmektedir. Yutucu yüzey kullanılmayan bu sınıfta 125 ve 250 Hz'deki ölçümlerin olumlu oranda düşük değerler almasının sebebi, Doğa Koleji sınıflarında kullanılan boşluklu gereçler ve dolap üstlerindeki boşlukların (Bkz. Şekil 5.2) birer boşluklu rezonatör görevi görmesidir. Yüksek enerjiye sahip düşük frekanslardaki sesin sönümlenmesi için boşluklu rezonatör uygulaması gereklilikler arasındadır, fakat farklı amaçlar için kullanılan materyallerden bu verimi almak, akla fonksiyonel rezonatör kavramını getirmiştir.

Sınıflar gibi küçük hacimlerde, kısıtlı alanı verimli kullanmak gerekliliğinden fonksiyonel rezonatör kullanımı üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

Her dilin kendine özgü bir alfabesi bulunmaktadır ve bu alfabadeki sesli ve sessiz harfler konuşma dillerine göre farklılık göstermektedir. Sesli harfler sessiz harflere göre daha büyük enerji içerir ve daha uzun süreli olurlar. Bu yüzden konuşmanın anlaşılabilirliği ölçülürken, eğitim verilen hacmin hangi dil için kullanılacağı hususuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Özellikle STI-RASTI parametrelerinde, kaynak alıcı arasındaki sinyal geçişleri ve buna bağlı yararlı yansımalar için, o hacimde kullanılan dil önem kazanmaktadır. Modülasyon kaybı sırasında sesli ya da sessiz harf kullanımı değişiklik gösterecektir. Bu bağlamda parametreler dillere göre formüle edilebilir, kaynak sinyali ve yansımalar, kullanılan dile göre şekillendirilebilir.

Doğa koleji sınıfları, gerek sahip olduğu dolap ve yansıtıcılar gerekse iyi durumdaki ses izolasyonu ile İMKB Alparslan Ortaokulu sınıflarına göre akustik kalitesi ve konuşmanın anlaşılabilirliği daha iyi durumdadır. Fakat ölçülen bu değerler ile akustik kalitesinin iyi olduğundan bahsedilemez. Doğa koleji, sınıflarında kullanılmamış olan yutucu yüzeyler kullanarak ve yansıtıcılar kaynak-alıcı konumlarına göre biçimlendirilerek akustik kalitesini optimum seviyelere taşıyabilir. Akustik açıdan ham seviyede bulunan İMKB Alparslan Ortaokulu sınıflarının hacim akustiği, benzer koşullardaki birçok devlet okulu gibi, öğrencilere verilen eğitime olumsuz etki edecek kadar düşük seviyelerdedir. Bu olumsuz durum ancak, yeni yapılacak okullarda akustik konfor koşullarını hesaba katarak, mevcut okullarda ise iyileştirme çalışmalarında bulunularak giderilebilir.

Bu çalışma kapsamında eğitim sınıflarında konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen hacim akustiği parametreleri ölçümlerine yer verilmiş ve yanlış uygulamalardan kaynaklı ortaya çıkan olumsuz akustik koşullara, öneriler ile ışık tutulmaya çalışılmıştır. Mimarlar tasarlayacakları eğitim yapılarında, hacimsel boşluklar oluşturmanın ötesinde, işitsel konfor koşullarına dikkat etmelidir. Gözlemsel ve deneysel analizler ışığında hareket edilmeli ve konusunda uzman kişiler tarafından

eğitim kalitesini arttırmaya y6nelik hacim akustiği kurallarına uygun olan ortamlar yaratılmalı ve akustik algıyı destekleyici projeler oluşturulmalıdır. Eğitim sınıflarına y6nelik akademik çalışmalar mevcut ve yeni yapılacak sınıflardaki farklı tepkileri 6lmek adına akustik açıdan birçok parametre ile devam etmelidir.

GCCRIIS

## KAYNAKÇA

- Aktı, B. (2014). *Daire planlı ve kubbe bitişli çok amaçlı salonlarda akustik performansın tasarım değişkenleri aracılığıyla simülasyon programında irdelenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Allen, S. (2004). Classroom acoustics: the national acoustic standard. (Allens, 2004).
- Anderson, K. L. (1997). The sound of learning, Presentations at Workshop on Eliminating Acoustical Barriers to Learning in Classrooms, *Acoustical Society of America, The House Ear Institute*, Los Angeles, CA, 184(10), 26-28.
- Ateş, E. G. (2007). *Kültürel mirasımız olan Yerebatan Sarnıcı'nın akustik sorunlarının incelenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Avşar, Y. (2002). *Eğitim Kurumlarında Akustik Konfor Parametrelerinin Öğrenme Üzerindeki Etkisinin Araştırılması*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Barron, M. , (1993). Auditorium Acoustics and Architectural Design, Clays Ltd. , London.
- Barron, M. (2010). Auditorium Acoustics and Architectural Design, Second Edition, Spon Press, London and New York, USA.
- Bayazıt, N. T. (1999). *Dikdörtgen Kesitli Konser Salonlarının Akustik Değerlendirmesi İçin Bir Tasarım Yöntemi*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Beranek, L. L. , ve Hougland, D. (1996). *Concert and opera halls: how they sound*. Published for the Acoustical Society of America through the American Institute of Physics.
- Berg, F. S. (1993). Acoustics and Sound Systems in Schools, Singular Publishing: San Diego, California.

- Bradley, J. S. , Sato, H. (2004). Speech Intelligibility Test Results for Grades: 1, 3 and 6 Children in Real Classrooms, Proceedings of ICA, Kyoto, 1-4.
- Bradley, J. S. (2002). Optimising sound quality for classrooms. *XX Encontro da SOBRAC, II Simpósio Brasileiro de Metrologia em Acústica e Vibrações–SIBRAMA, Rio de Janeiro.*
- Bradley, J. S. (1986). Predictors of speech intelligibility in rooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 80(3), 837-845.
- Cardinale, N. , ve Piccininni, F. (2003). The influence of the shape on the acoustical performance of classrooms. In *Proceedings of the 5th European Conference on Noise Control, Euronoise.*
- Cavanaugh, W. J. , Wilkes, J. A. (1999). "Architectural Acoustics Principles and Practice".
- Crandel, C.C. ve Smaldino, J.J. , (2000). Classroom Acoustics with normal hearing and with hearing impairment, *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, Vol.31, 362-370.
- Crook, M.,and Langdon, F. (1974). The effect of aircraft noise in schools around London airport. *Journal of Sound and Vibration*, 34, 221-232.
- Çevre ve Orman Bakanlığı 2002/49/EC, (2002). Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, Türkiye.
- Dökmen, Ü.(1999). İletişim Çatışmaları ve Empati. İstanbul: Sistem. Yayıncılık.
- Eröz, F. (2012). *Maketlerin Akustik Ölçümlerde Kullanımı; Konser Salonu, Ölçekli Model ve Bilgisayar Modellemesinin Karşılaştırılması.* Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atılım Üniversitesi, Ankara.
- Evans, J. B. (2006). Acoustical Standards for Classroom Design Comparison of International Standards and Low Frequency Criteria. *Journal Of Low Frequency Noise, Vibration & Active Control*,25(1), 1-9.
- Gürel, N. (2007). *İlköğretim Okullarının Akustik Açısından İncelenmesi: İstanbul'da bir İlköğretim Okulu Örneği.* Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Hansen, C. , Bied, D.A. (2003) Engineering Noise Control, theory and practice, Spon Pres, NY.

- Hathaway, W.E.(1988). “Educational Facilities”, Education Canada, Winter / Hiver, S.28-35.
- Houtgast, T. , Steeneken, H. J. M. , & Plomp, R. (1980). Predicting speech intelligibility in rooms from the modulation transfer function. I. General room acoustics. *Acustica*, 46, 60-72.
- ISO 3382-2. (2009). Acoustics – Measurement of Room Acoustic Parameters, *Part 2 : Reverberation Time in Ordinary Rooms*.
- Karabiber, Z. (1987). *Seslendirme döşemi yapılmayacak dersliklerde yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak iç mekân düzenleme kriterleri ve bunlara bağlı koşullar*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Ko, N. (1979). Responce of teachers to aircraft noise. *Journal of Sound and Vibration*, 62, 277-292.
- Kocyigit, F. B. (2010). Acoustic in the under teenaged student music classrooms. *Technology*, 13(2), 107-117.
- Kocyigit, F. B. (2014). Acoustic properties of renoovated historic school buildings and new school buildings. Ankara: Atılım Üniversitesi.
- Köse, S. (2010). *Havaalanı çevresindeki okullarda gürültüden rahatsızlığın ve sınıfların iç akustik koşullarının saptanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kurra, S. (2009). Çevre Gürültüsü ve Yönetimi I,II, III. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi.
- Kurtulan, Z. (2009). *M. S. G. S. Ü. Sedat Hakkı Eldem Oditoryumunun Hacim Akustiği Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kuttruff, H. (1991). Room Acoustics: Third Edition. *Elsevier Applied Science*, Londra.
- Lochner, J. and Burger, J. (1964). The influence of reflections in auditorium acoustics. *Journal of Sound and Vibration*, 4, 426-454.
- Long, M. (2006). Architectural Acoustics, *Elsevier Academic Press*, Massachusetts, USA.

- Mehta, M. , Johnson, J. and Rocafort, J. (1999). Architectural Acoustics: Principles and Design, *Prentice Hall*, New Jersey.
- Moore, J. C. (1978). Design for Good Acoustics and Noise Control, MacMillan Education Ltd. Hong Kong.
- Özçevik, A. (2005). *Mimari tasarım stüdyolarında işitsel konfor gereksinimleri ve bir örnek*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Polat, S. , Kırıkkaya, E. , B. (2004). Gürültünün eğitim öğretim ortamına etkileri. *13.Ulusal eğitim birimleri kurultayı* (ss. 3). Malatya: İnönü Üniversitesi.
- Rossing, T. D. (2007). *Springer Handbook of Acoustics*, Springer Science+Business Media. New York , USA.
- Sargent, J., Gidman, M., humphreys, M. and Utley, W. (1980). The disturbance caused by schoolteachers to noise. *Journal of Sound and Vibration*, 62, 277-292.
- Şentop, A. , Beyazıt, N. T. & Altun, M. C. (2012). Dış duvarlarda gürültü kontrolü için kullanılacak bir katalog. *6.Ulusal çatı ve cephe sempozyumu*, Bursa.
- Sirel, Ş. (1981). *Hacim Akustiğinde Yansıma Suresi*, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları. İstanbul: İGDMMA Basımevi.
- Schiffman, H. R. (2001). Sensation and perception: An integrated approach (2nd Edition). New York: John Wiley & Sons.
- Teke, D. (2012). *Arena Tıp Salonlarda Mimari Tasarım Öğelerinin Bilgisayar Simülasyon Çalışması İle Akustik Açısından İrdelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Templeton, D. (1997). Acoustics In The Built Environment: Advice For The Design Team, Architectural Press, Oxford.
- Templeton, D. (2001). Acoustics in the Built Environment', Architectural Press, Oxford
- Tunçer, M. E. (2011). *Dersliklerin akustik performansında, iç yüzey gereçlerinin etkinliğinin saptanması*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Vallet, M. (2000). Some European standards on noise in educational buildings, *International symposium on Noise Control and Acoustics for Educational Buildings, Turkish Acoustical Society, Istanbul*,13-20.

Vallet,M. ve Karabiber, Z. (2002). Some European policies regarding acoustical comfort in educational buildings, *The Journal of the Institute of Noise Control Engineering of the USA*, 50 (2), 58-62.

Yüğrük, N. (1994). *Konuşma amaçlı hacimlerde işitsel duyarlılık ayrımlarının anlaşılabilirlik üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldıracak hacim akustiği koşullarının belirlenmesinde yeni bir yaklaşım.*  
Yayımlanmamış doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

#### **İnternet Kaynakları**

[http://www.acousticalsurfaces.com/acoustic\\_IOI/101home.htm](http://www.acousticalsurfaces.com/acoustic_IOI/101home.htm)

[www.meyersound.com/support/papers/speech](http://www.meyersound.com/support/papers/speech)

<http://www.bksv.com/doc/bo0123.pdf>

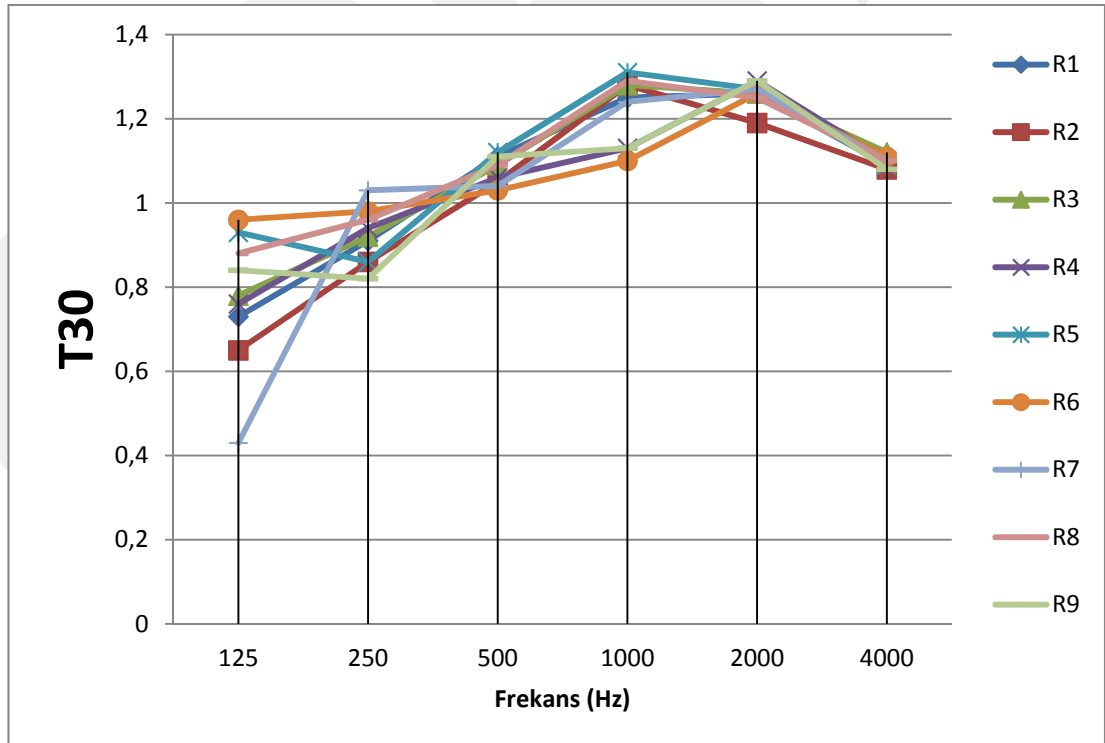
## EKLER

**EK-1 Doğa Koleji Çukurambar Hacim Akustiği Parametreleri  
Değerlendirilmesi Amacıyla Yapılan Ölçümler**

Ek 1.1 Doğa Koleji 6-B sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen T30 değerleri

| DOĞA KOLEJİ 6-B SINIFI |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| T30 (s)                |      |      |      |      |      |      |
| Bant (Hz)              | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| R1                     | 0.73 | 0.91 | 1.11 | 1.25 | 1.26 | 1.09 |
| R2                     | 0.65 | 0.86 | 1.05 | 1.28 | 1.19 | 1.08 |
| R3                     | 0.78 | 0.92 | 1.09 | 1.28 | 1.26 | 1.12 |
| R4                     | 0.76 | 0.94 | 1.06 | 1.13 | 1.29 | 1.1  |
| R5                     | 0.93 | 0.86 | 1.12 | 1.31 | 1.27 | 1.09 |
| R6                     | 0.96 | 0.98 | 1.03 | 1.1  | 1.26 | 1.11 |
| R7                     | 0.43 | 1.03 | 1.04 | 1.24 | 1.27 | 1.1  |
| R8                     | 0.88 | 0.96 | 1.09 | 1.29 | 1.25 | 1.1  |
| R9                     | 0.84 | 0.82 | 1.11 | 1.13 | 1.29 | 1.08 |

Tablo E.1. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen T30 değerleri tablosu

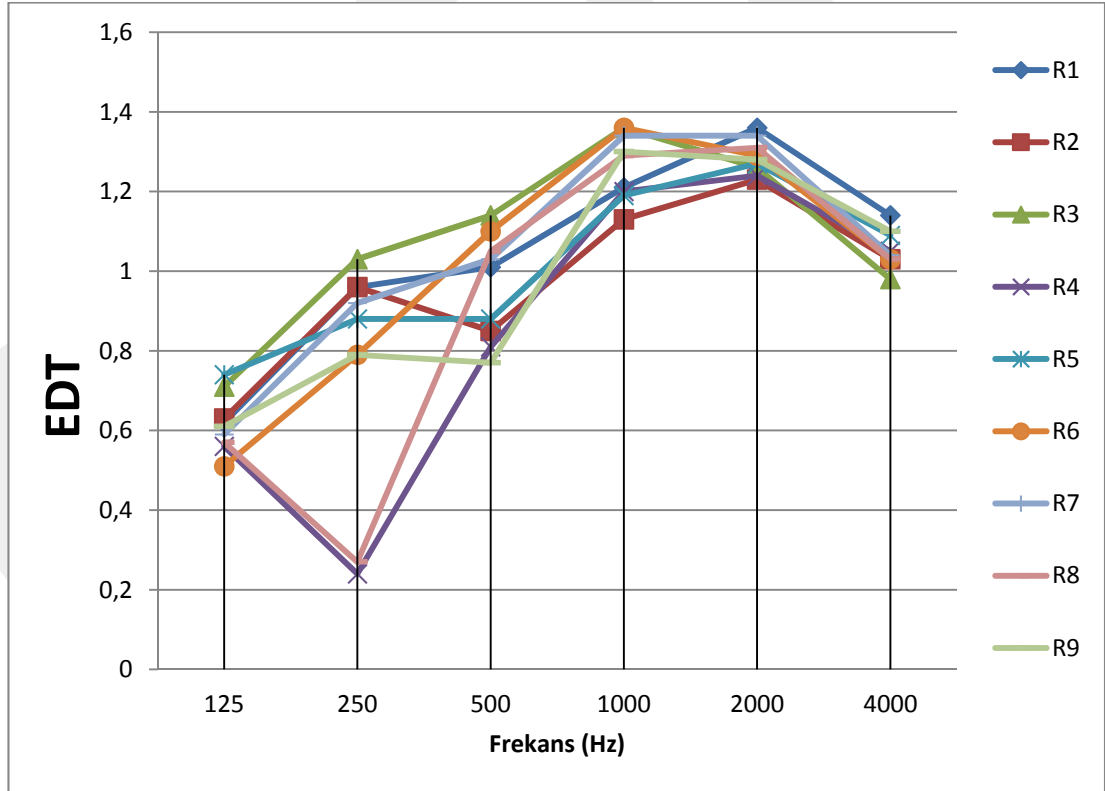


Şekil E.1. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen T30 değerleri grafiği

Ek 1.2 Doğa Koleji 6-B sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen EDT değerleri

| DOĞA KOLEJİ 6-B SINIFI |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| EDT (s)                |      |      |      |      |      |      |
| Bant (Hz)              | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| R1                     | 0.62 | 0.96 | 1.01 | 1.21 | 1.36 | 1.14 |
| R2                     | 0.63 | 0.96 | 0.85 | 1.13 | 1.23 | 1.03 |
| R3                     | 0.71 | 1.03 | 1.14 | 1.36 | 1.26 | 0.98 |
| R4                     | 0.56 | 0.24 | 0.81 | 1.2  | 1.24 | 1.05 |
| R5                     | 0.74 | 0.88 | 0.88 | 1.19 | 1.27 | 1.09 |
| R6                     | 0.51 | 0.79 | 1.1  | 1.36 | 1.29 | 1.03 |
| R7                     | 0.59 | 0.92 | 1.03 | 1.34 | 1.34 | 1.04 |
| R8                     | 0.57 | 0.27 | 1.05 | 1.29 | 1.31 | 1.03 |
| R9                     | 0.61 | 0.79 | 0.77 | 1.3  | 1.28 | 1.1  |

Tablo E.2. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen EDT değerleri tablosu

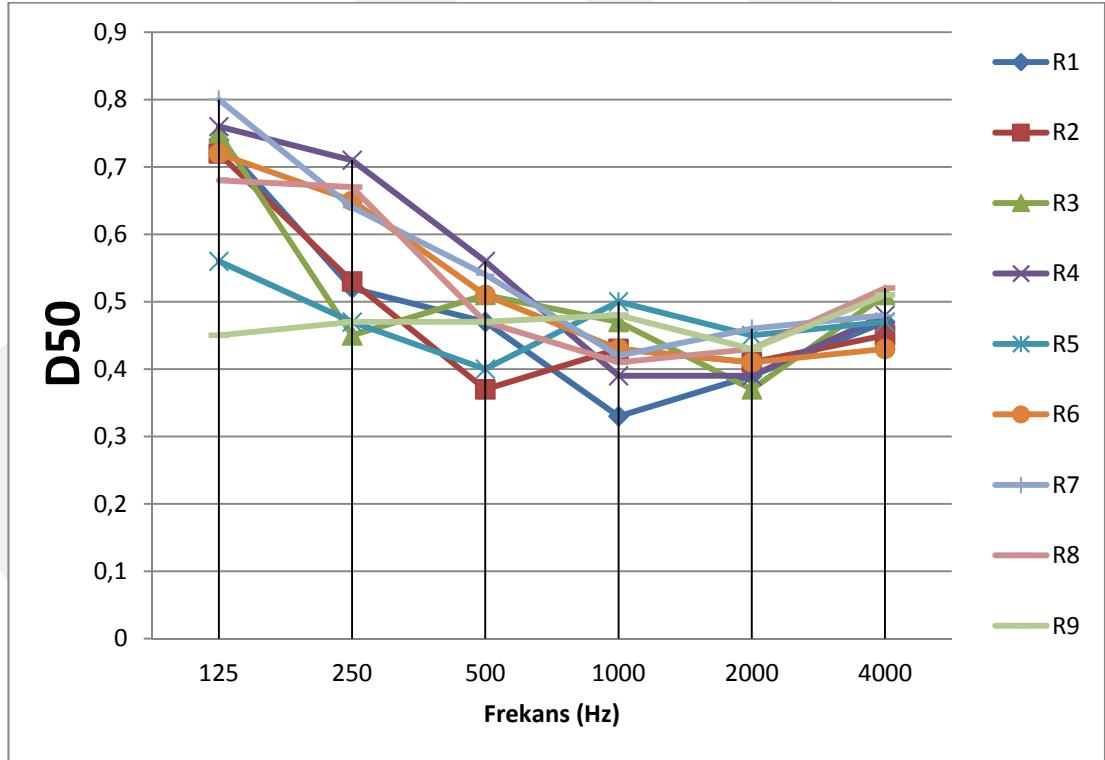


Şekil E.2. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen EDT değerleri grafiği

Ek 1.3 Doğa Koleji 6-B sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen D50 değerleri

| DOĞA KOLEJİ 6-B SINIFI |     |     |     |      |      |      |
|------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| D50 (%)                |     |     |     |      |      |      |
| Bant (Hz)              | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| R1                     | 74  | 52  | 47  | 33   | 39   | 47   |
| R2                     | 72  | 53  | 37  | 43   | 41   | 45   |
| R3                     | 75  | 45  | 51  | 47   | 37   | 51   |
| R4                     | 76  | 71  | 56  | 39   | 39   | 48   |
| R5                     | 56  | 47  | 40  | 50   | 45   | 47   |
| R6                     | 72  | 65  | 51  | 43   | 41   | 43   |
| R7                     | 80  | 64  | 54  | 42   | 46   | 48   |
| R8                     | 68  | 67  | 47  | 41   | 43   | 52   |
| R9                     | 45  | 47  | 47  | 48   | 43   | 51   |

Tablo E.3. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen D50 değerleri tablosu

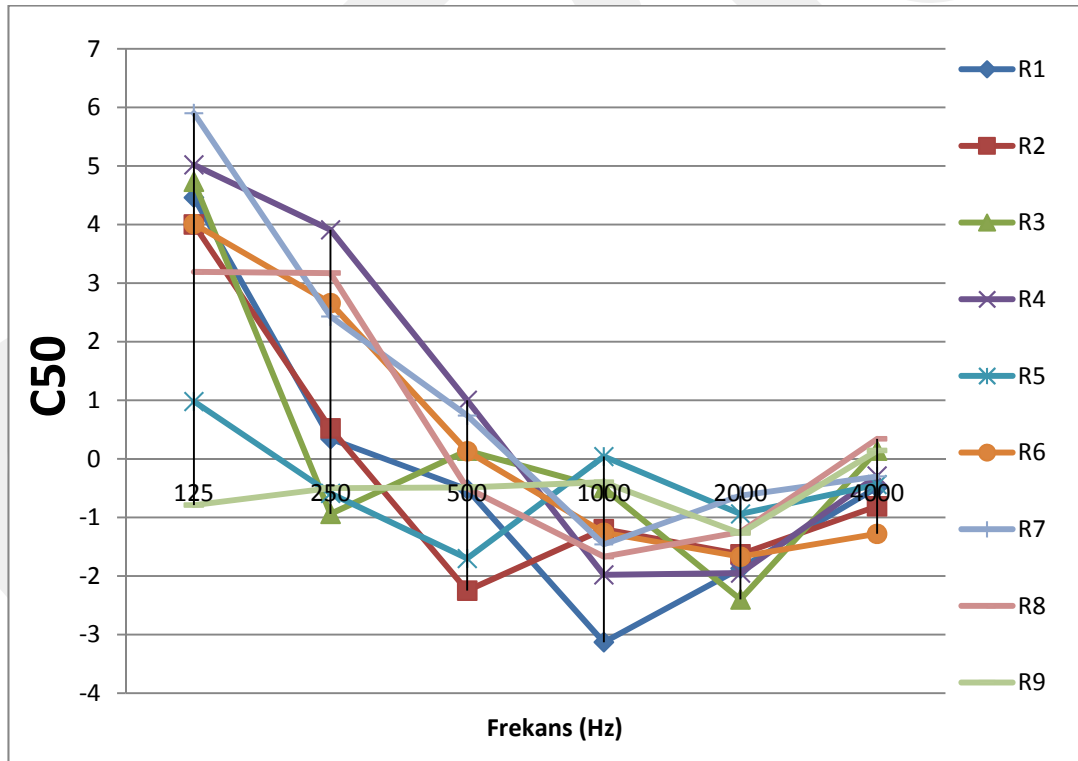


Şekil E.3. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen D50 değerleri grafiği

Ek 1.4 Doğa Koleji 6-B sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen C50 değerleri

| DOĞA KOLEJİ 6-B SINIFI |       |       |       |       |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C50                    |       |       |       |       |       |       |
| Bant (Hz)              | 125   | 250   | 500   | 1000  | 2000  | 4000  |
| R1                     | 4.46  | 0.34  | -0.52 | -3.13 | -1.87 | -0.49 |
| R2                     | 4     | 0.52  | -2.25 | -1.2  | -1.63 | -0.81 |
| R3                     | 4.73  | -0.94 | 0.14  | -0.5  | -2.4  | 0.14  |
| R4                     | 5.02  | 3.91  | 1     | -1.98 | -1.95 | -0.29 |
| R5                     | 0.98  | -0.59 | -1.7  | 0.04  | -0.94 | -0.44 |
| R6                     | 4.01  | 2.66  | 0.13  | -1.26 | -1.67 | -1.28 |
| R7                     | 5.9   | 2.43  | 0.74  | -1.46 | -0.63 | -0.3  |
| R8                     | 3.19  | 3.17  | -0.5  | -1.67 | -1.25 | 0.34  |
| R9                     | -0.79 | -0.5  | -0.49 | -0.4  | -1.27 | 0.14  |

Tablo E.4. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen C50 değerleri tablosu

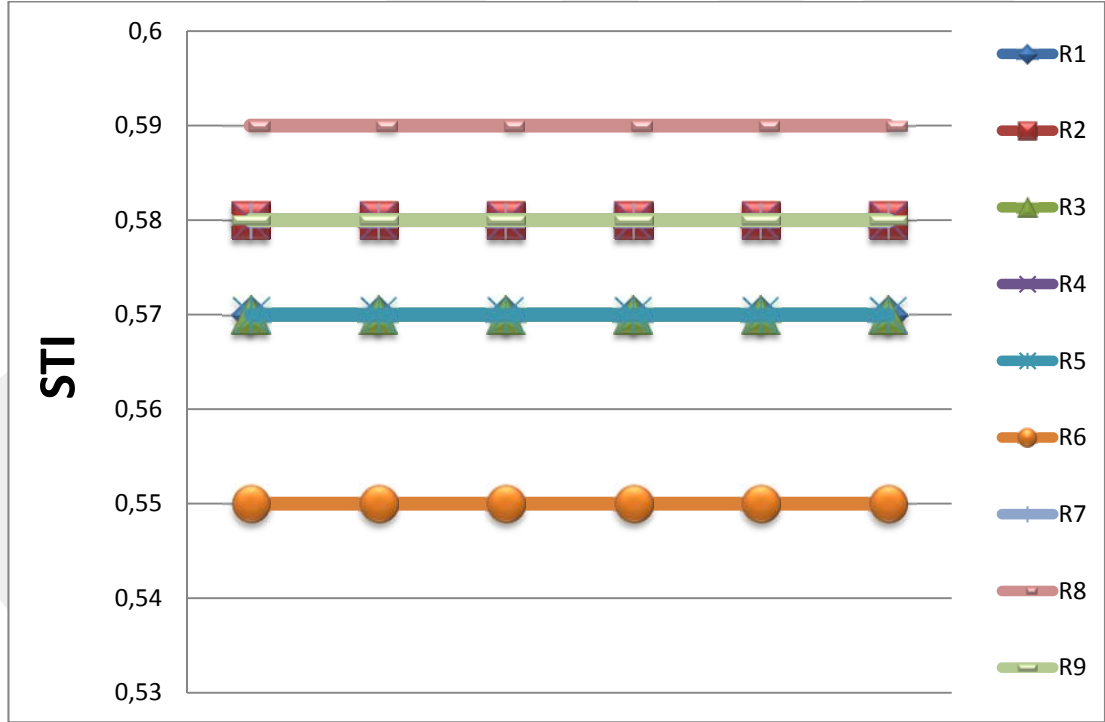


Şekil E.4. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen C50 değerleri grafiği

Ek 1.5 Doğa Koleji 6-B sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen STI değerleri

| DOĞA KOLEJİ 6-B<br>SINIFI |      |
|---------------------------|------|
| STI                       |      |
| R1                        | 0.5  |
| R2                        | 0.49 |
| R3                        | 0.49 |
| R4                        | 0.54 |
| R5                        | 0.51 |
| R6                        | 0.49 |
| R7                        | 0.52 |
| R8                        | 0.51 |
| R9                        | 0.49 |

Tablo E.5. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen STI değerleri

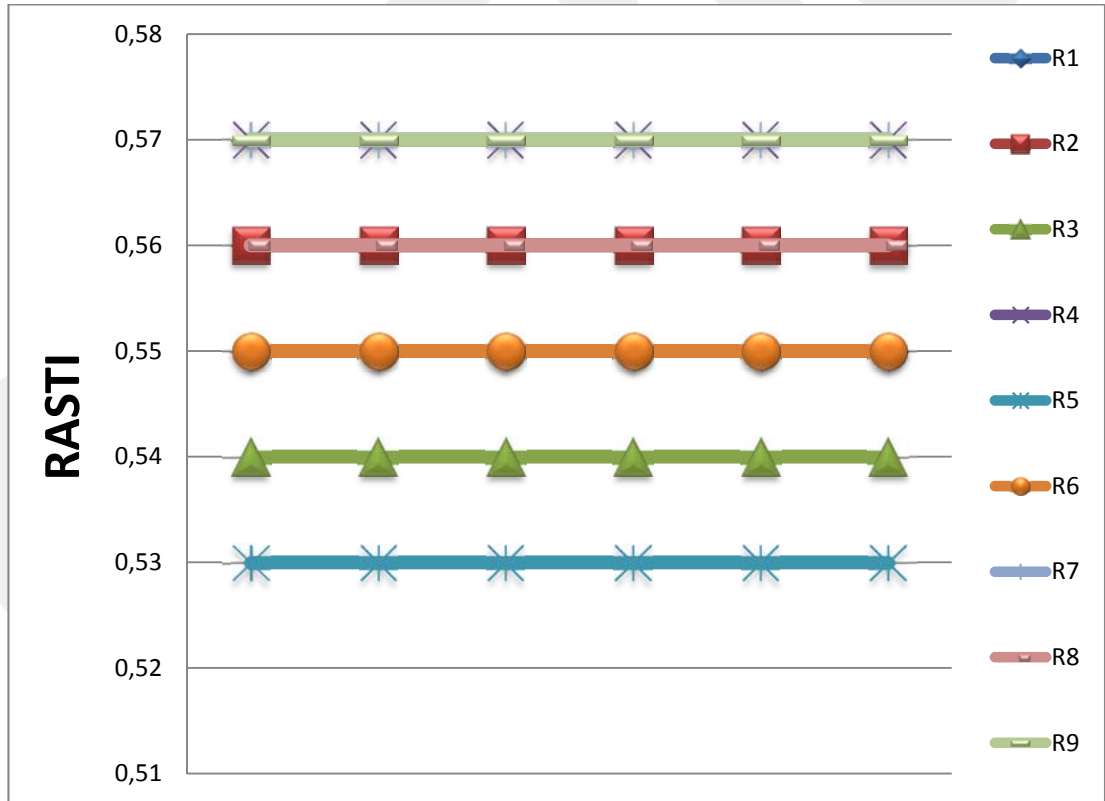


Şekil E.5. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen STI değerleri grafiği

Ek 1.6 Doğa Koleji 6-B sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen RASTI değerleri

| DOĞA KOLEJİ 6-B<br>SINIFI |      |
|---------------------------|------|
| RASTI                     |      |
| R1                        | 0.51 |
| R2                        | 0.48 |
| R3                        | 0.53 |
| R4                        | 0.55 |
| R5                        | 0.53 |
| R6                        | 0.52 |
| R7                        | 0.54 |
| R8                        | 0.55 |
| R9                        | 0.51 |

Tablo E.6. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen RASTI değerleri tablosu



Şekil E.6. Doğa Koleji 6-B sınıfı için ölçülen RASTI değerleri grafiği

**Ek 1.7 Doğa Koleji 6-B sınıfı ölçülen arka plan gürültü ölçümleri**

| dB  | Laeq      | Lcpeak | LAFmax | LAFmin | LAE   | LCE   |          |
|-----|-----------|--------|--------|--------|-------|-------|----------|
| R1B | 36.12     | 74.46  | 56.7   | 27.82  | 60.89 | 75.89 |          |
| R2B | 36.8      | 68.82  | 48.65  | 28.05  | 61.57 | 73.81 |          |
| R3B | 36.55     | 69.1   | 53.21  | 29.34  | 61.32 | 72.75 |          |
| dB  | Lceq-Laeq | LAF99  | LAF95  | LAF90  | LAF50 | LAF10 | Std.Sap. |
| R1B | 15.01     | 28.61  | 29.19  | 29.77  | 33.54 | 38.19 | 3.51     |
| R2B | 12.24     | 29.04  | 30.03  | 30.6   | 34.07 | 40.16 | 3.7      |
| R3B | 11.43     | 29.84  | 30.48  | 31.19  | 34.17 | 38.7  | 3.13     |
| dB  | LAF5      | LAF1   | LASmin | LASmax | LAlaq | LCleq |          |
| R1B | 40.42     | 44.55  | 28.41  | 53.02  | 39.94 | 54.54 |          |
| R2B | 42.58     | 45.63  | 28.88  | 44.92  | 38.41 | 51.69 |          |
| R3B | 40.57     | 46.1   | 29.91  | 49.79  | 38.69 | 50.7  |          |

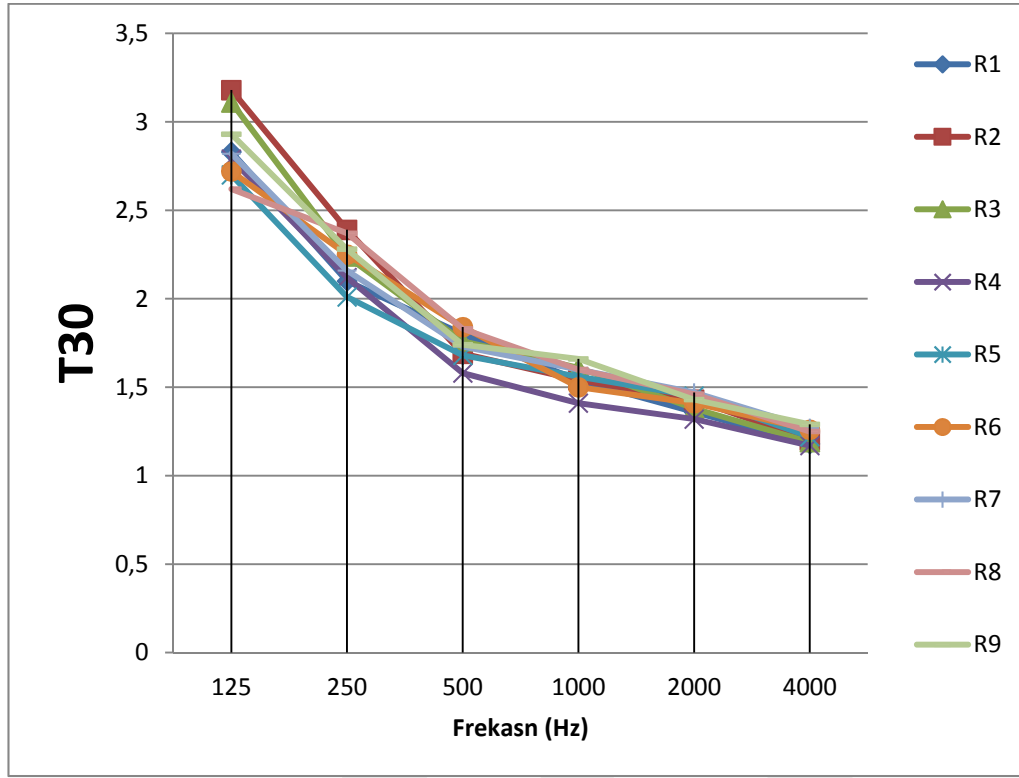
Tablo E.7. Doğa Koleji 6-B sınıfı için arka plan gürültü ölçümleri

**EK-2 İMKB Alparslan Ortaokulu Hacim Akustiği Parametreleri Değerlendirilmesi Amacıyla Yapılan Ölçümler**

**Ek 2.1 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen T30 değerleri**

| ALPARSLAN 5-K SINIFI |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| T30 (s)              |      |      |      |      |      |      |
| Bant (Hz)            | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| R1                   | 2.83 | 2.1  | 1.8  | 1.54 | 1.36 | 1.18 |
| R2                   | 3.18 | 2.39 | 1.69 | 1.54 | 1.43 | 1.2  |
| R3                   | 3.11 | 2.24 | 1.76 | 1.61 | 1.38 | 1.19 |
| R4                   | 2.79 | 2.12 | 1.58 | 1.41 | 1.32 | 1.17 |
| R5                   | 2.7  | 2.01 | 1.68 | 1.56 | 1.45 | 1.22 |
| R6                   | 2.72 | 2.25 | 1.84 | 1.5  | 1.41 | 1.26 |
| R7                   | 2.82 | 2.16 | 1.73 | 1.6  | 1.47 | 1.27 |
| R8                   | 2.62 | 2.37 | 1.83 | 1.6  | 1.46 | 1.25 |
| R9                   | 2.93 | 2.28 | 1.74 | 1.66 | 1.43 | 1.29 |

Tablo E.8. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen T30 değerleri tablosu

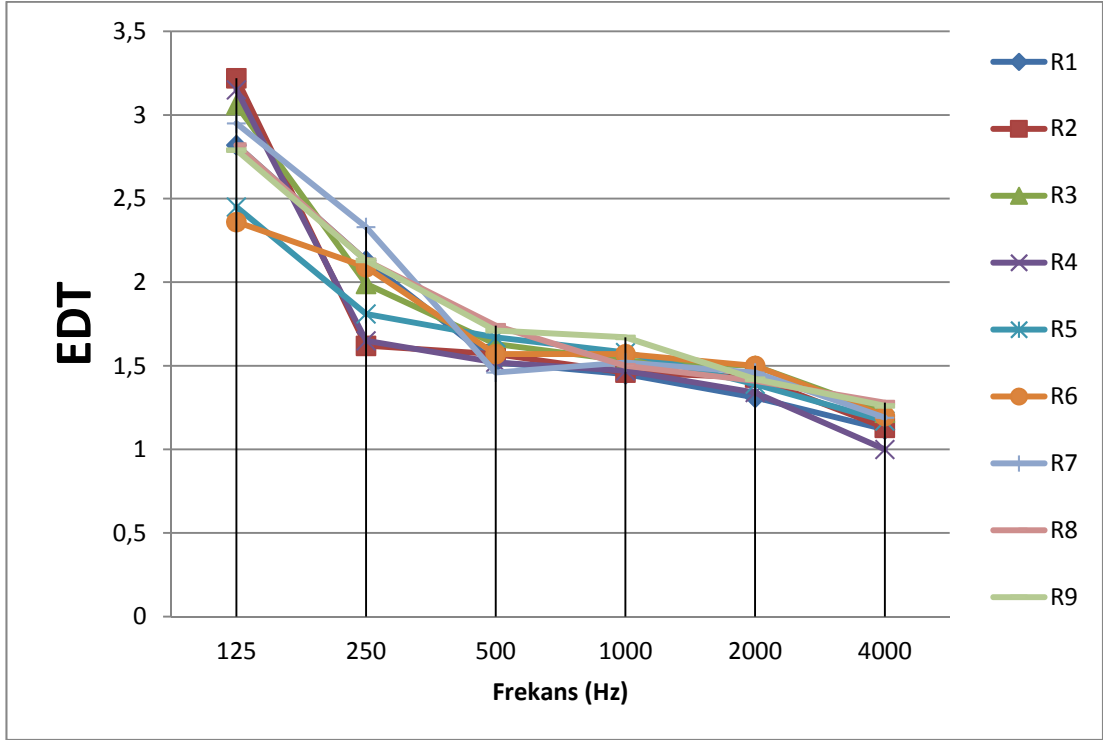


Şekil E.7. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen T30 değerleri grafiği

**Ek 2.2** İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen EDT değerleri

| ALPARSLAN 5-K SINIFI |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| EDT (s)              |      |      |      |      |      |      |
| Bant (Hz)            | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| R1                   | 2.82 | 2.13 | 1.52 | 1.45 | 1.31 | 1.12 |
| R2                   | 3.22 | 1.62 | 1.57 | 1.46 | 1.43 | 1.13 |
| R3                   | 3.06 | 1.99 | 1.63 | 1.53 | 1.5  | 1.22 |
| R4                   | 3.15 | 1.65 | 1.52 | 1.47 | 1.34 | 1    |
| R5                   | 2.45 | 1.81 | 1.67 | 1.58 | 1.39 | 1.17 |
| R6                   | 2.36 | 2.09 | 1.57 | 1.57 | 1.5  | 1.2  |
| R7                   | 2.95 | 2.33 | 1.46 | 1.52 | 1.46 | 1.19 |
| R8                   | 2.82 | 2.13 | 1.74 | 1.5  | 1.41 | 1.28 |
| R9                   | 2.79 | 2.13 | 1.71 | 1.67 | 1.42 | 1.26 |

Tablo E.9. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen EDT değerleri tablosu

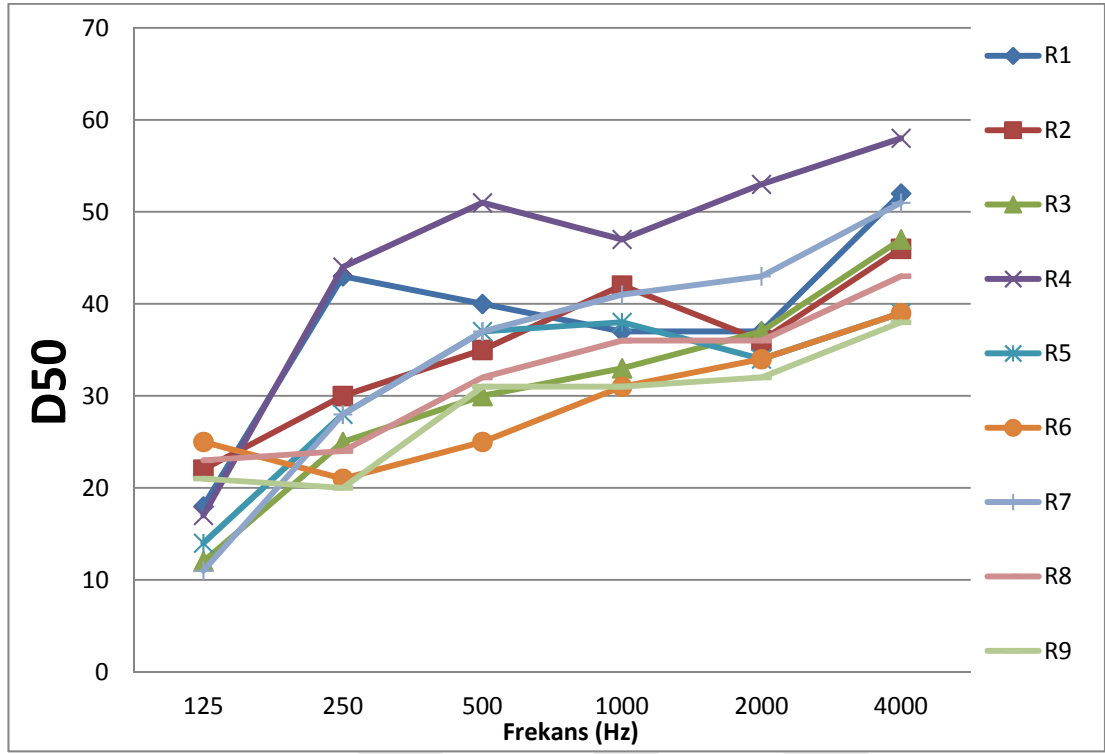


Şekil E.8. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen EDT değerleri grafiği

**Ek 2.3** İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen D50 değerleri

| ALPARSLAN 5-K SINIFI |     |     |     |      |      |      |
|----------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| D50 (%)              |     |     |     |      |      |      |
| Bant (Hz)            | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| R1                   | 18  | 43  | 40  | 37   | 37   | 52   |
| R2                   | 22  | 30  | 35  | 42   | 36   | 46   |
| R3                   | 12  | 25  | 30  | 33   | 37   | 47   |
| R4                   | 17  | 44  | 51  | 47   | 53   | 58   |
| R5                   | 14  | 28  | 37  | 38   | 34   | 39   |
| R6                   | 25  | 21  | 25  | 31   | 34   | 39   |
| R7                   | 11  | 28  | 37  | 41   | 43   | 51   |
| R8                   | 23  | 24  | 32  | 36   | 36   | 43   |
| R9                   | 21  | 20  | 31  | 31   | 32   | 38   |

Tablo E.10. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen D50 değerleri tablosu

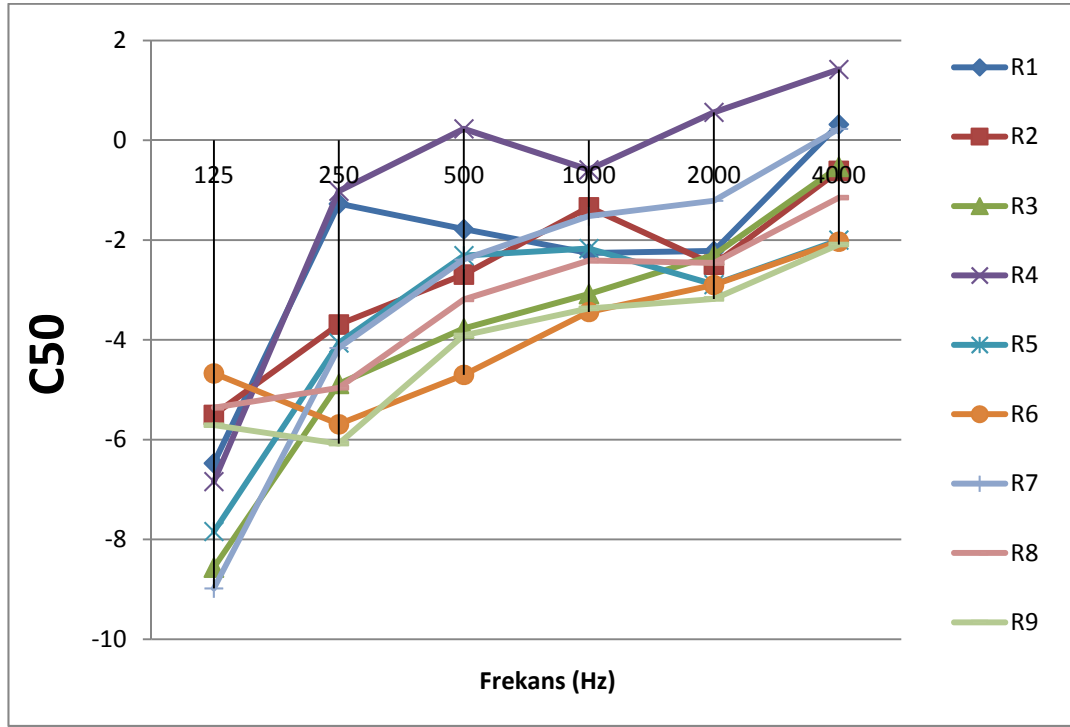


Şekil E.9. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen D50 değerleri grafiği

Ek 2.4 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen C50 değerleri

| ALPARSLAN 5-K SINIFI |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C50                  |       |       |       |       |       |       |
| Bant (Hz)            | 125   | 250   | 500   | 1000  | 2000  | 4000  |
| R1                   | -6.47 | -1.27 | -1.78 | -2.26 | -2.22 | 0.32  |
| R2                   | -5.5  | -3.69 | -2.69 | -1.34 | -2.49 | -0.61 |
| R3                   | -8.56 | -4.88 | -3.77 | -3.08 | -2.3  | -0.53 |
| R4                   | -6.84 | -1.02 | 0.23  | -0.59 | 0.56  | 1.42  |
| R5                   | -7.84 | -4.06 | -2.31 | -2.17 | -2.89 | -2    |
| R6                   | -4.67 | -5.69 | -4.7  | -3.44 | -2.9  | -2.03 |
| R7                   | -8.98 | -4.16 | -2.39 | -1.52 | -1.21 | 0.23  |
| R8                   | -5.36 | -4.96 | -3.19 | -2.41 | -2.46 | -1.15 |
| R9                   | -5.71 | -6.08 | -3.91 | -3.37 | -3.18 | -2.09 |

Tablo E.11. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen C50 değerleri tablosu

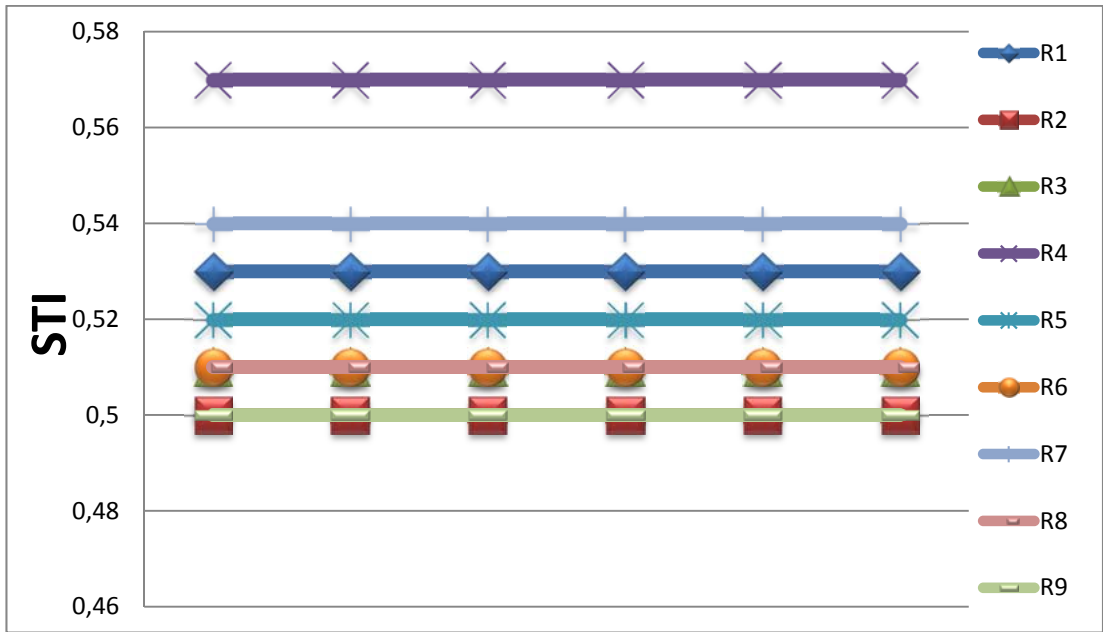


Şekil E.10. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen C50 değerleri grafiği

**Ek 2.5** İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen STI değerleri

| ALPARSLAN 5-K SINIFI |      |
|----------------------|------|
| STI                  |      |
| R1                   | 0.53 |
| R2                   | 0.5  |
| R3                   | 0.51 |
| R4                   | 0.57 |
| R5                   | 0.52 |
| R6                   | 0.51 |
| R7                   | 0.54 |
| R8                   | 0.51 |
| R9                   | 0.5  |

Tablo E.12. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen STI değerleri tablosu

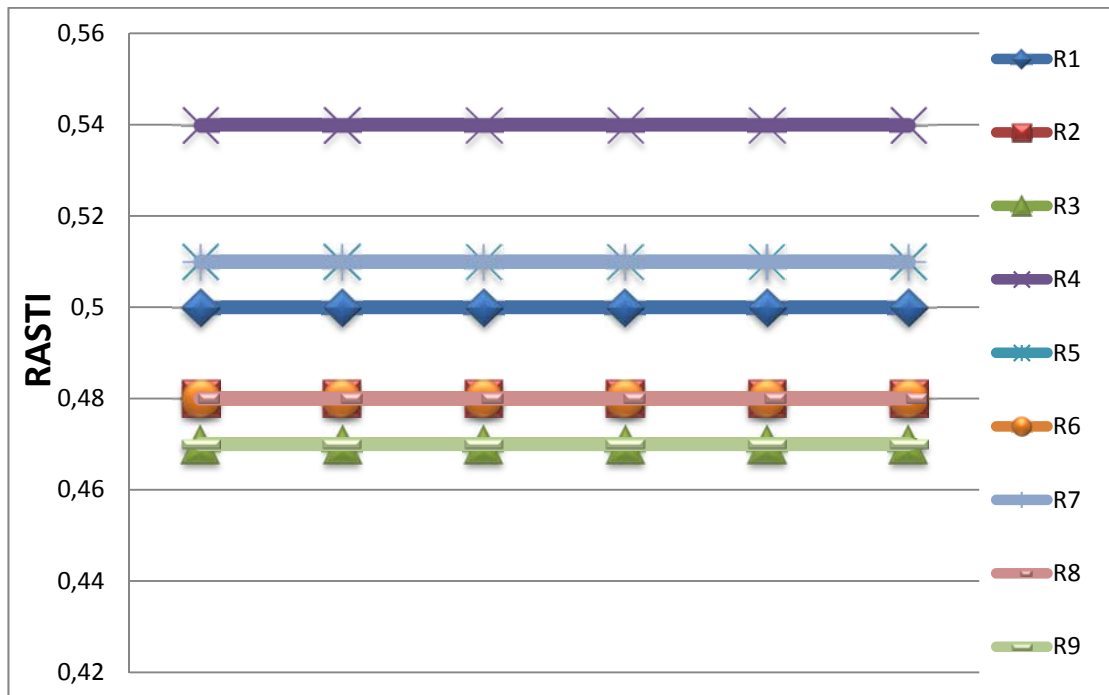


Şekil E.11. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen STI değerleri grafiği

**Ek 2.6** İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı 9 alıcı pozisyonu için ölçülen RASTI değerleri

| ALPARSLAN 5-K SINIFI |      |
|----------------------|------|
| RASTI                |      |
| R1                   | 0.5  |
| R2                   | 0.48 |
| R3                   | 0.47 |
| R4                   | 0.54 |
| R5                   | 0.51 |
| R6                   | 0.48 |
| R7                   | 0.51 |
| R8                   | 0.48 |
| R9                   | 0.47 |

Tablo E.13. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen RASTI değerleri tablosu



Şekil E.12. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için ölçülen RASTI değerleri grafiği

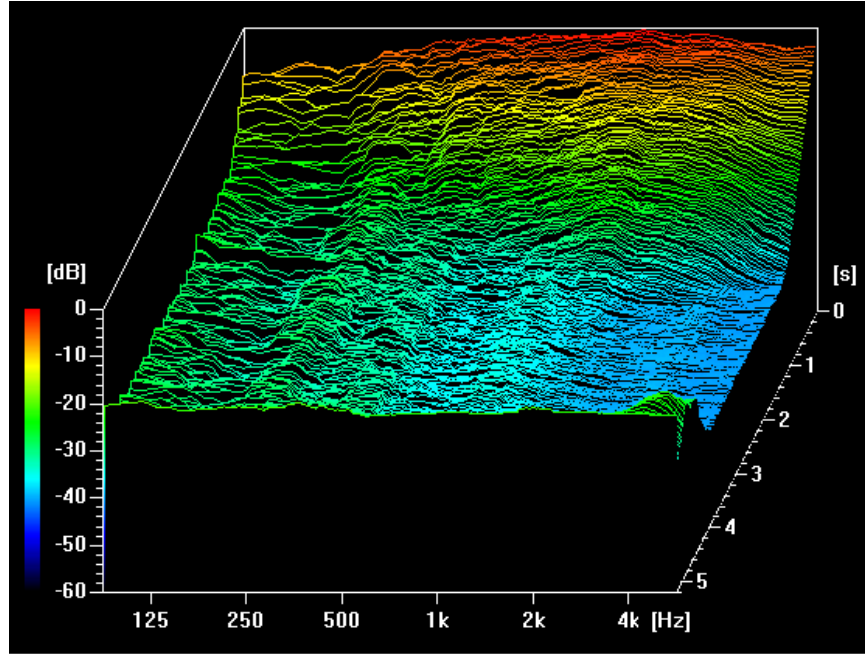
Ek 2.7 İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı için yapılan arka plan gürültü ölçümleri

| dB  | Laeq      | Lcpeak | LAFmax | LAFmin | LAE   | LCE   |          |
|-----|-----------|--------|--------|--------|-------|-------|----------|
| R1B | 45.41     | 76.25  | 65.87  | 31.63  | 70.18 | 81.07 |          |
| R2B | 43.6      | 81.66  | 60.18  | 31.23  | 68.37 | 85.26 |          |
| R3B | 42.11     | 76.77  | 61.07  | 31.75  | 66.87 | 79.26 |          |
| dB  | Lceq-Laeq | LAF99  | LAF95  | LAF90  | LAF50 | LAF10 | Std.Sap. |
| R1B | 10.89     | 33.09  | 36.41  | 37.47  | 41.7  | 46.72 | 4.18     |
| R2B | 16.89     | 32.46  | 37.14  | 38.57  | 41.84 | 45.23 | 3.31     |
| R3B | 12.38     | 32.91  | 35.89  | 36.55  | 39.91 | 43.53 | 3.27     |
| dB  | LAF5      | LAF1   | LASmin | LASmax | LAIeq | LCIeq |          |
| R1B | 49.89     | 55.17  | 34.12  | 61.8   | 49    | 58.73 |          |
| R2B | 46.8      | 52.72  | 32.82  | 56.59  | 46.02 | 63.6  |          |
| R3B | 45.31     | 52.15  | 32.45  | 55.95  | 45.11 | 57.47 |          |

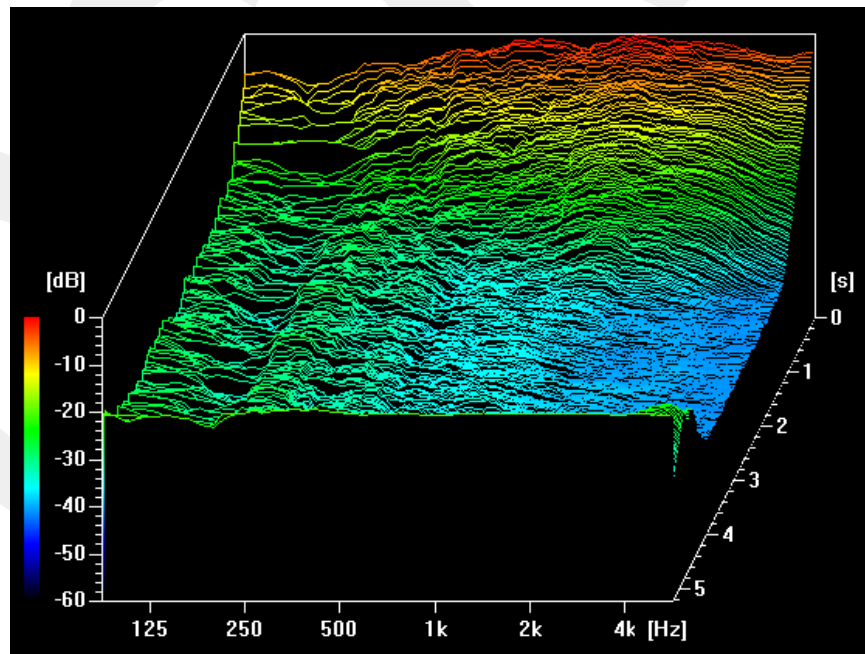
Tablo E.14. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıf için yapılan arka plan gürültü ölçümleri

### EK-3 Alıcı Konumlarına Göre Waterfall Görüntüleri

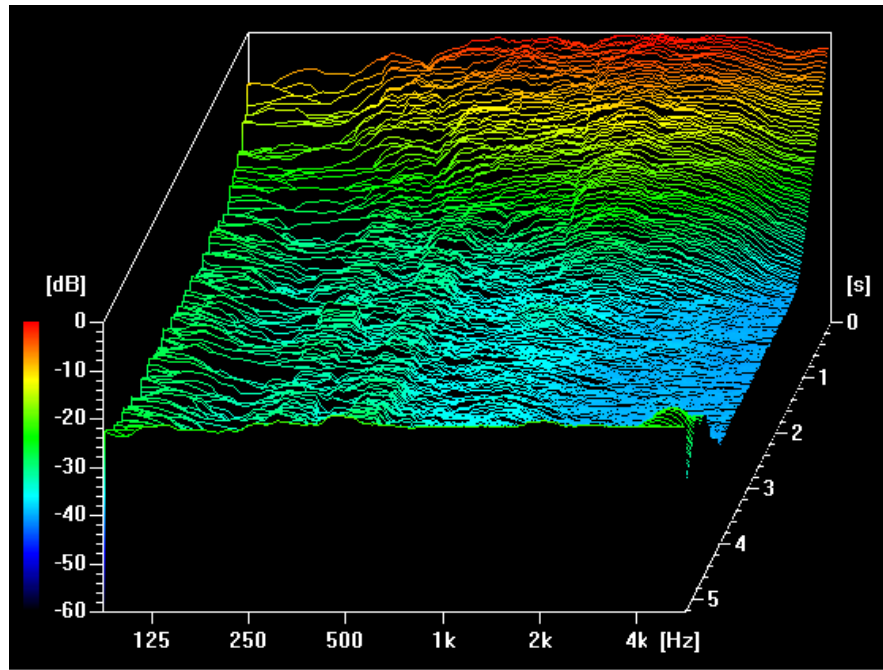
#### Ek 3.1 Doğa Koleji waterfall görüntüleri



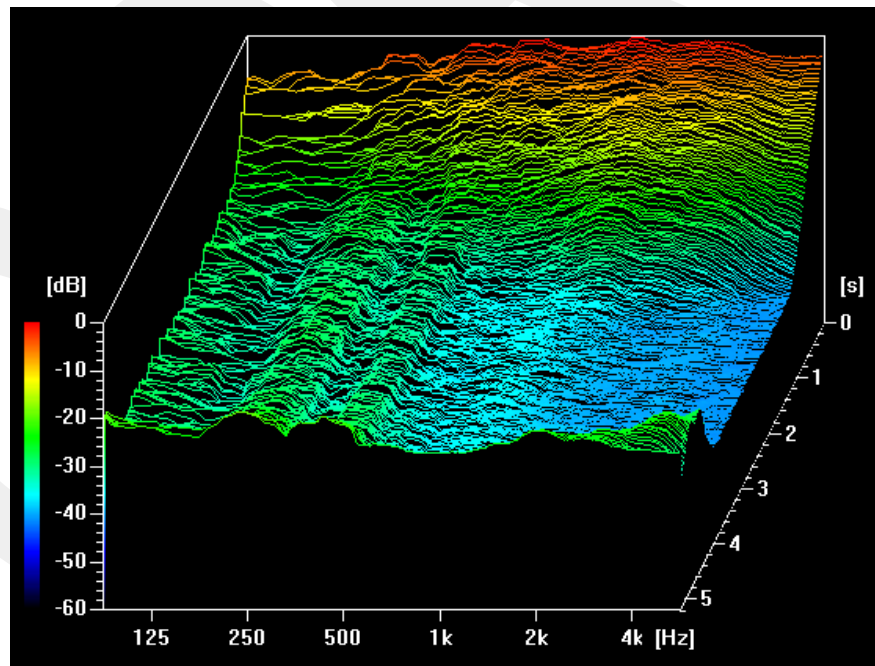
Şekil E.13. Doğa Koleji 6-B sınıfı R1 alıcı konumu waterfall



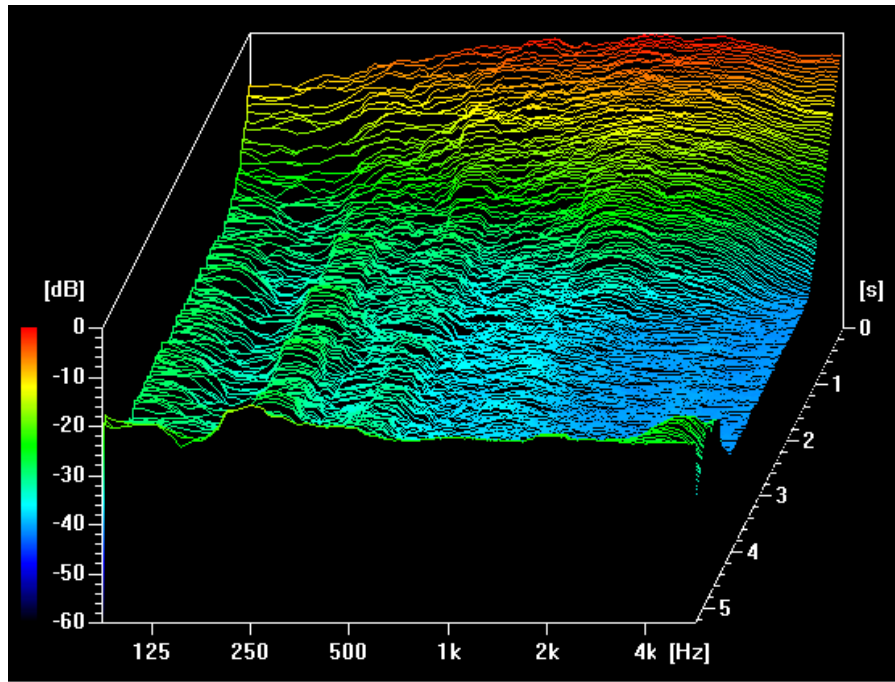
Şekil E.14. Doğa Koleji 6-B sınıfı R2 alıcı konumu waterfall



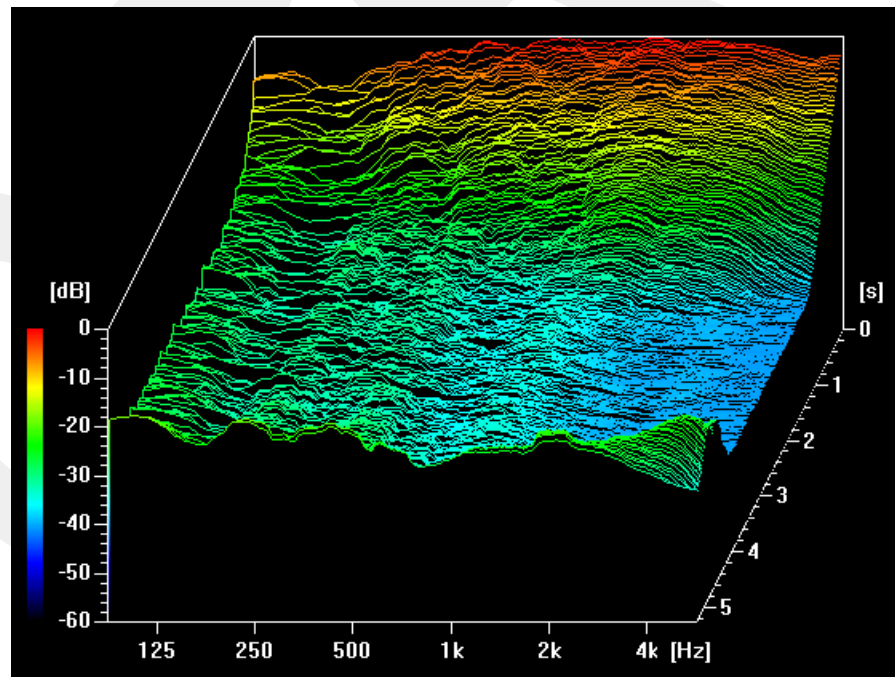
Şekil E.15. Doğa Koleji 6-B sınıfı R3 alıcı konumu waterfall



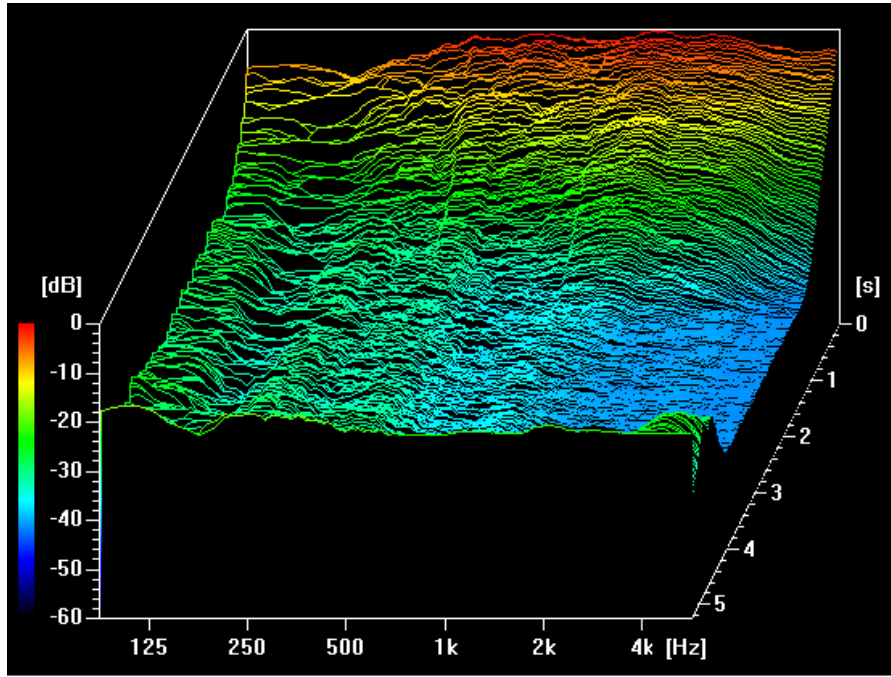
Şekil E.16. Doğa Koleji 6-B sınıfı R4 alıcı konumu waterfall



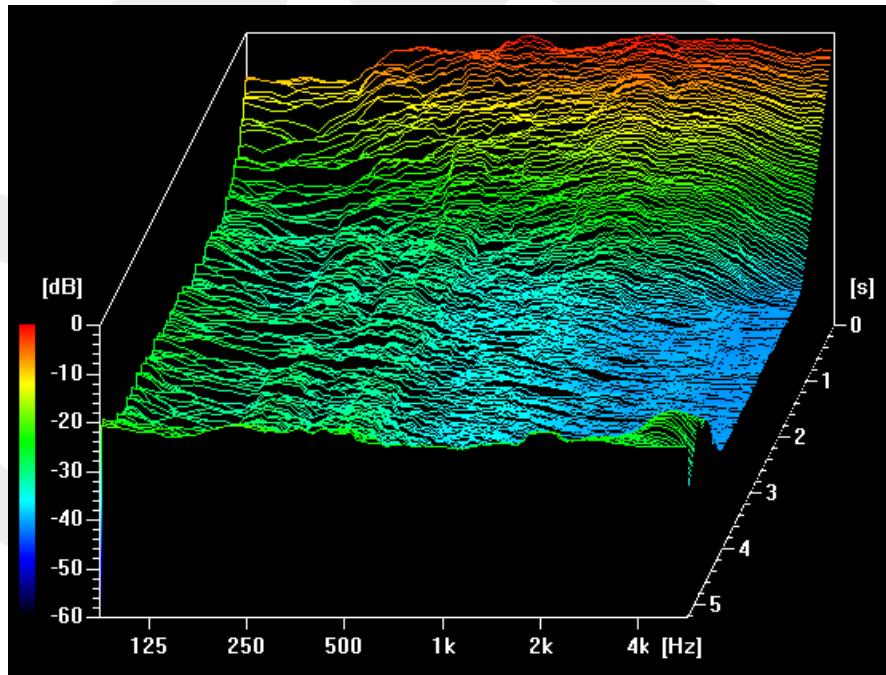
Şekil E.17. Doğa Koleji 6-B sınıfı R5 alıcı konumu waterfall



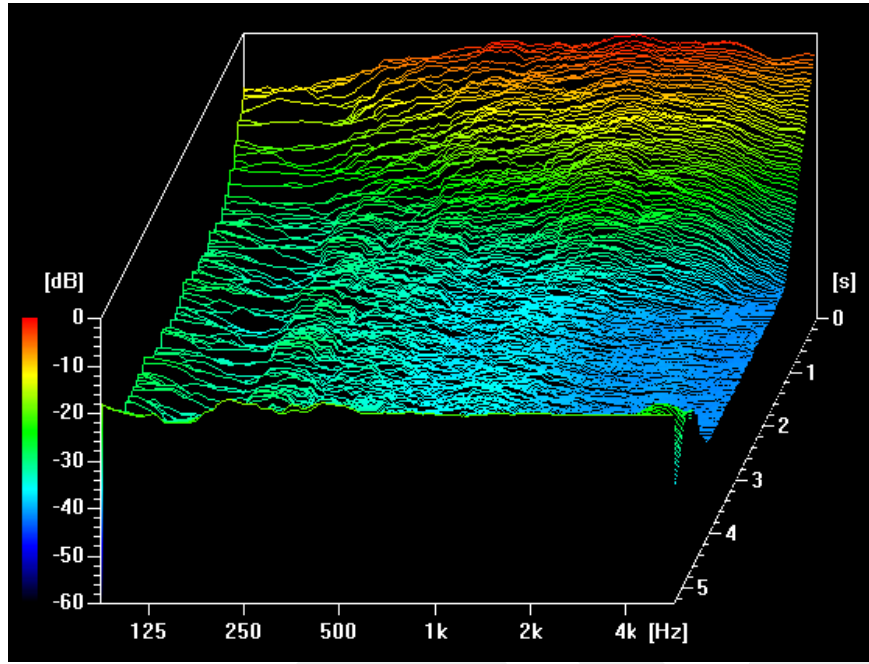
Şekil E.18. Doğa Koleji 6-B sınıfı R6 alıcı konumu waterfall



Şekil E.19. Doğa Koleji 6-B sınıfı R7 alıcı konumu waterfall

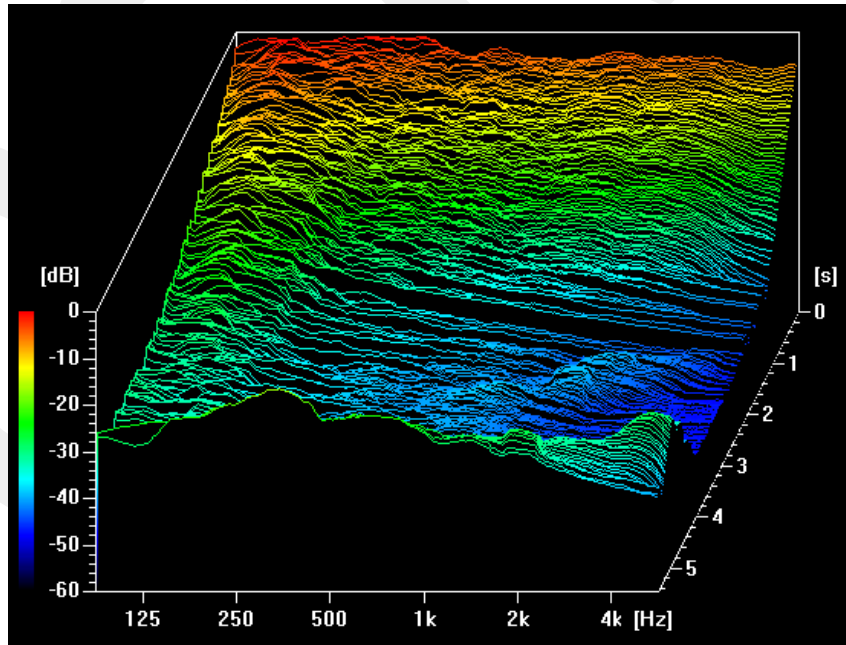


Şekil E.20. Doğa Koleji 6-B sınıfı R8 alıcı konumu waterfall

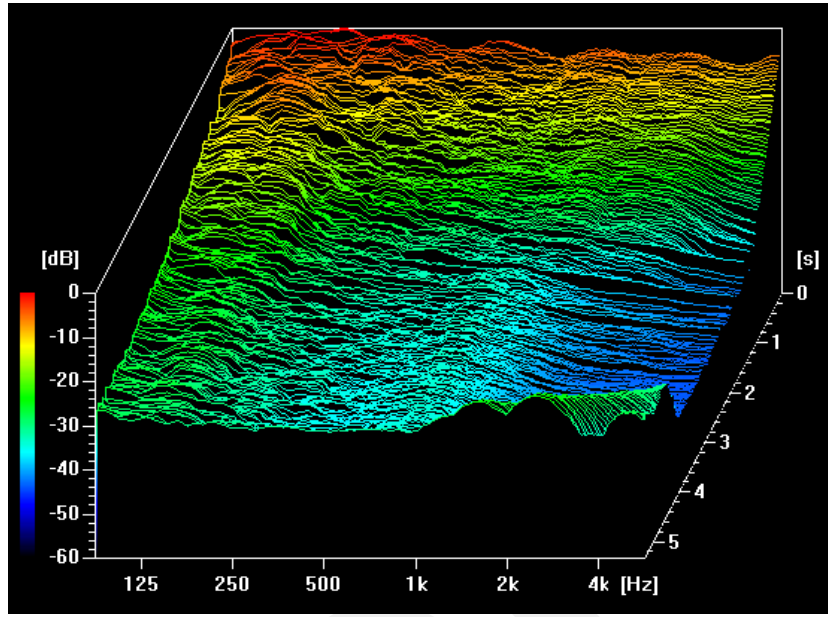


Şekil E.21. Doğa Koleji 6-B sınıfı R9 alıcı konumu waterfall

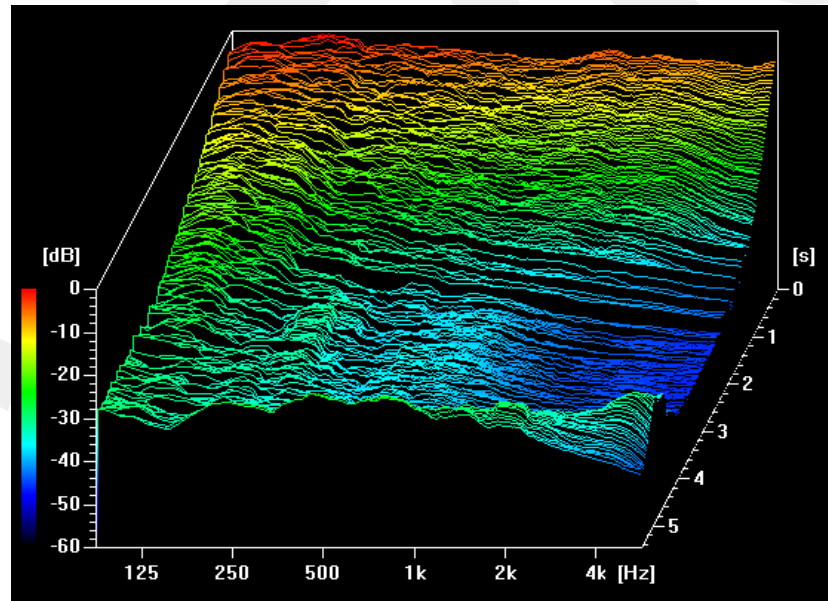
### Ek 3.2 İMKB Alparslan Ortaokulu waterfall görüntüleri



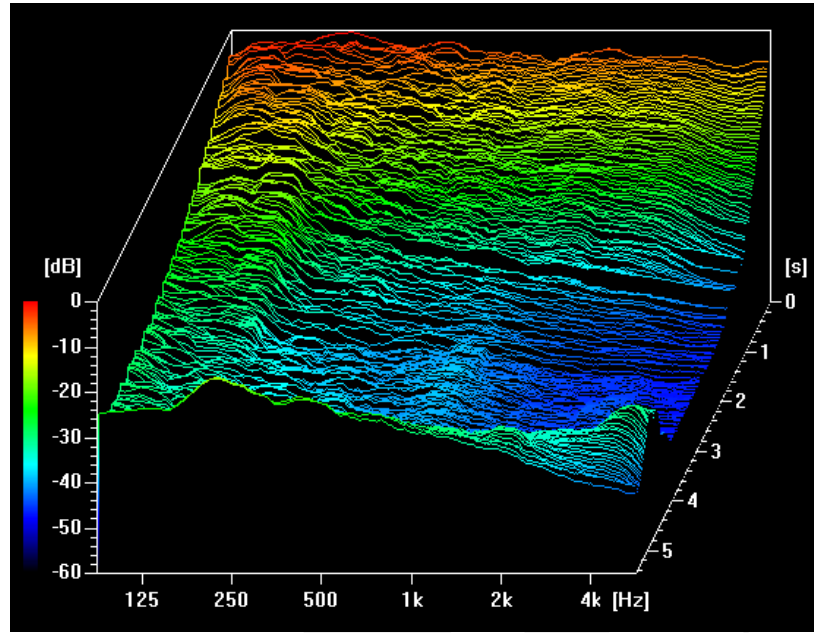
Şekil E.22. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R1 alıcı konumu waterfall



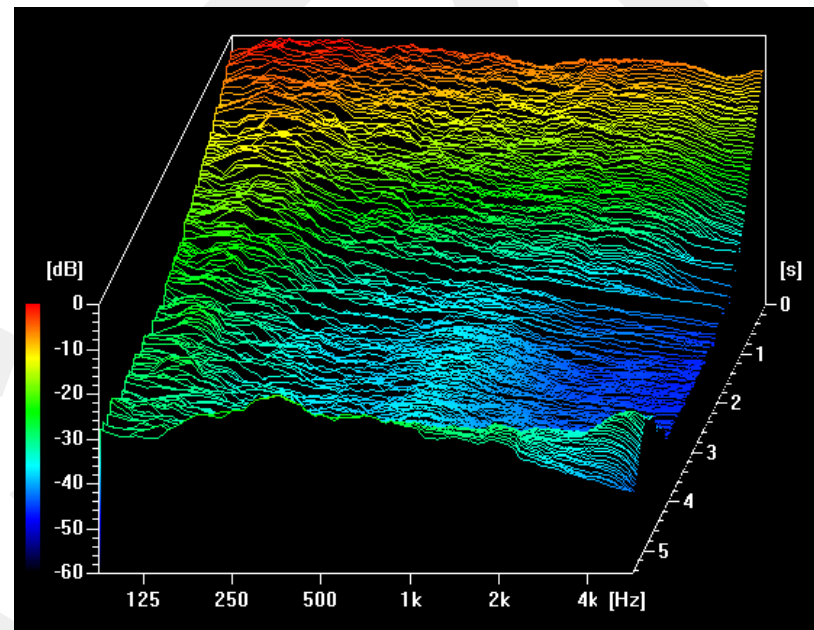
Şekil E.23. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R2 alıcı konumu waterfall



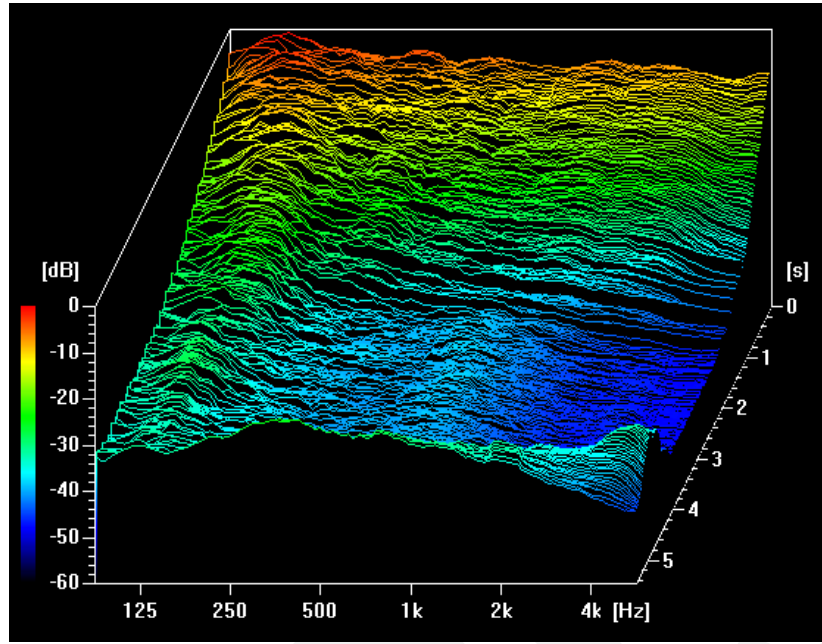
Şekil E.24. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R3 alıcı konumu waterfall



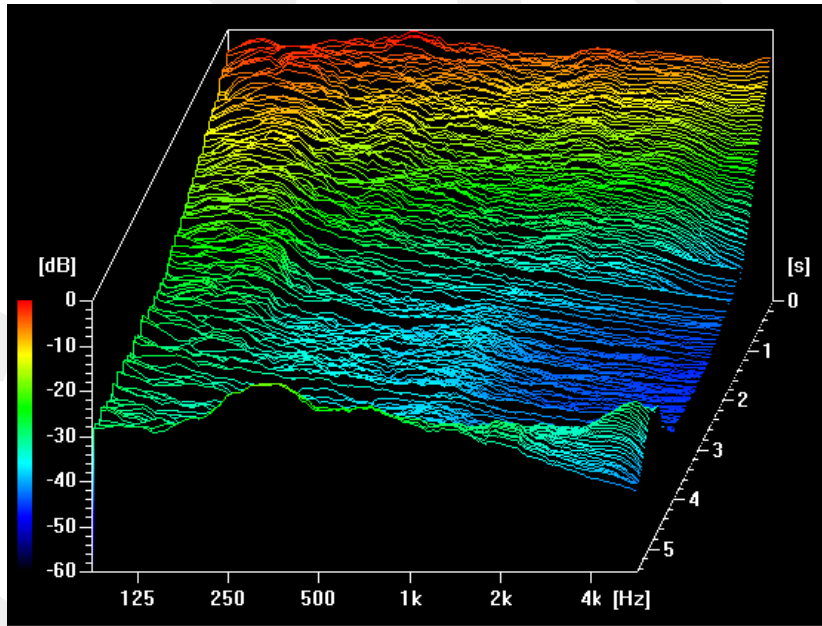
Şekil E.25. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R4 alıcı konumu waterfall



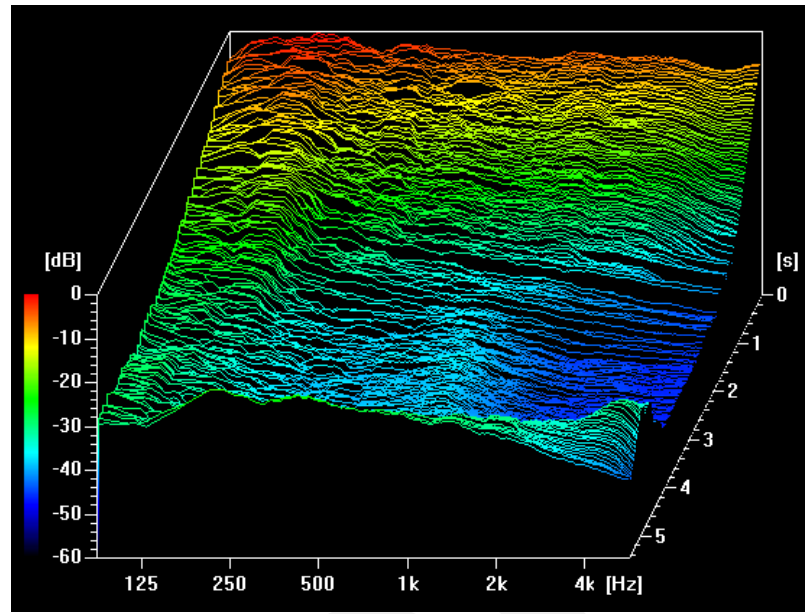
Şekil E.26. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R5 alıcı konumu waterfall



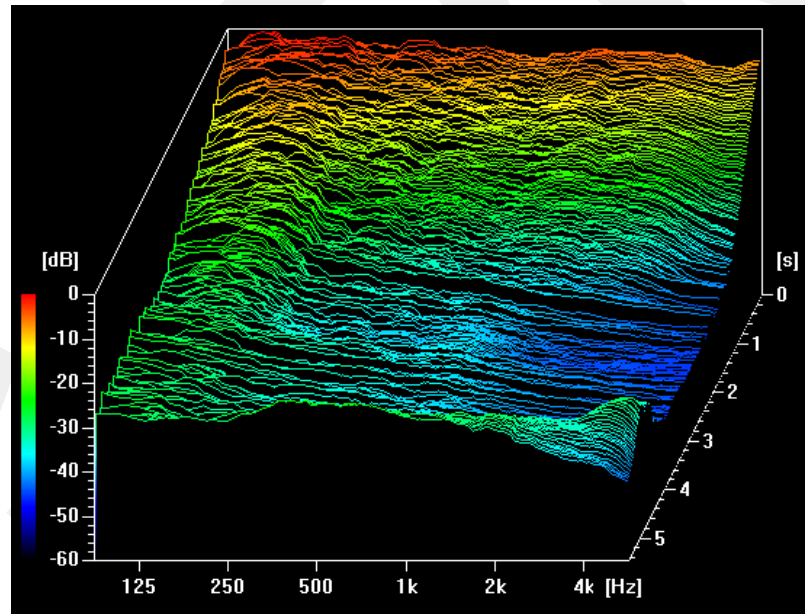
Şekil E.27. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R6 alıcı konumu waterfall



Şekil E.28. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R7 alıcı konumu waterfall



Şekil E.29. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R8 alıcı konumu waterfall



Şekil E.30. İMKB Alparslan Ortaokulu 5-K sınıfı R9 alıcı konumu waterfall

**EK-4 Ölçüm Yapılacak Okullar İçin Alınan Yazılı İzin Belgeleri**



**T.C.**  
**ATILIM ÜNİVERSİTESİ**  
**Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü**

**Sayı** : B.30.2.ATL. 00.08.10/14 - 873  
**Konu** : Can YERLİ

**09.10.2014**

**İL MİLLİ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ'NE**

Enstitümüz 121413010 numaralı İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Yüksek Lisans programı öğrencisi Can YERLİ'nin "Mimari Akustik" konulu tez çalışmasında kullanılmak üzere Ek'te isimleri verilen okullarda ölçüm yapılabilmesi için ,  
 Gerekli iznin verilmesi hususunu,

Saygılarımla arz ederim.

**Ek:**

- 1.Ümitköy Anadolu Lisesi - Ümitköy
- 2.Alparslan Ortaokulu - Anıttepe
- 3.Kırkkonaklar Anadolu Lisesi
- 4.Doğa Koleji – Çukurambar
5. Doğa Koleji – İncek
- 6.Atatürk Lisesi – Ulus
- 7.Ankara Atatürk Lisesi – Sıhhiye
- 8.Evrensel Kolej – Yüzüncü Yıl
- 9.TED Koleji – İncek
- 10.Mehmet Özcan Torunoğlu Lisesi - ORAN

  
**Prof. Dr. Dilaver TENGİLİMOĞLU**  
**Müdür**



T.C.  
ANKARA VALİLİĞİ  
Milli Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 14588481/605.99/4533377

14/10/2014

Konu: Araştırma izni

ATILIM ÜNİVERSİTESİNE  
(Sosyal Bilimler Enstitüsü)

İlgi: a) MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 2012/13 nolu Genelgesi.  
b) 09/10/2014 tarihli ve 873 sayılı yazınız.

Üniversiteniz Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Can YERLİ' nin "Eğitim alanlarındaki sınıfların hacim akustiği yönünden değerlendirilmesi" başlıklı tezi kapsamında çalışma yapma talebi Müdürlüğümüzce uygun görülmüş ve araştırmanın yapılacağı İlçe Milli Eğitim Müdürlüğüne bilgi verilmiştir.

Çalışmanın bitiminde iki örneğinin (cd ortamında) Müdürlüğümüz Strateji Geliştirme (I) Şubesine gönderilmesini arz ederim.

Ali GÜNGÖR  
Müdür a.  
Şube Müdürü

Güvenli Elektronik İmza  
Aslı ile Aynıdır.

14.10.2014...

  
Yaşar SUBAŞI  
Şef

Konya yolu Başkent Öğretmen Evi arkası Beşevler ANKARA  
e-posta: ıstatistik06@meb.gov.tr

Ayrıntılı bilgi için: Emine KONUK  
Tel: (0 312) 221 02 17/135

## EK-5 Atılım Üniversitesi'ne ait Brüel&Kjær Akustik Ölçüm Cihazlarının Akreditasyon Belgesi

| <b>TÜRKAK</b><br><b>TÜRK AKREDİTASYON KURUMU</b><br><b>TURKISH ACCREDITATION AGENCY</b><br><i>tarafından akredite edilmiş</i><br><b>KALİBRASYON ÖLÇÜM EĞİTİM VE</b><br><b>DANIŞMANLIK HİZMETLERİ TİCARET LTD. ŞTİ.</b><br><b>KALİBRASYON LABORATUVARI</b><br>Mehmet Akif Mh. Tavukçuyolu Cd. No: 150/1 Ümraniye İSTANBUL<br>Telefon: 0216 415 4949 (Pbx), Faks: 0216 415 4950<br>e-posta: info@protos.com.tr, internet: www.protos.com.tr                                                                   |                                                                                                                            | <br>Kalibrasyon<br>TS EN ISO/IEC 17025<br>AB-0078-K |                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kalibrasyon Sertifikası</b><br><i>Calibration Certificate</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                            | <b>AB-0078-K</b><br><b>382/2012</b><br><b>08-12</b>                                                                                    |                                                                                                     |
| <b>Cihazın Sahibi/ adresi</b><br><i>Customer / address</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>: Atılım Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi</b><br>Kızılcaşar Mah. 06836 İncek Gölbaşı / ANKARA |                                                                                                                                        |                                                                                                     |
| <b>Talep Numarası</b><br><i>Order Number</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>: 235/2012</b>                                                                                                          |                                                                                                                                        |                                                                                                     |
| <b>Makine/Cihaz</b><br><i>Instrument/Device</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>: Ses Seviyesi Ölçer</b>                                                                                                |                                                                                                                                        |                                                                                                     |
| <b>İmalatçı</b><br><i>Manufacturer</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>: Brüel &amp; Kjær</b>                                                                                                  |                                                                                                                                        |                                                                                                     |
| <b>Tip</b><br><i>Type</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>: 2250</b>                                                                                                              |                                                                                                                                        |                                                                                                     |
| <b>Seri Numarası</b><br><i>Serial Number</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>: 2827285</b>                                                                                                           |                                                                                                                                        |                                                                                                     |
| <b>Kalibrasyon Tarihi</b><br><i>Date of Calibration</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>: 01.08.2012</b>                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                                     |
| <b>Sertifikanın Sayfa Sayısı</b><br><i>Number of pages of the Certificate</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>: 6</b>                                                                                                                 |                                                                                                                                        |                                                                                                     |
| <b>Bu kalibrasyon sertifikası, Uluslararası Birimler Sisteminde (SI) tanımlanmış birimleri realize eden ulusal ölçüm standartlarına izlenebilirliği belgeler.</b><br><i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the unit of measurement according to the International System of Units (SI).</i>                                                                                                                                                       |                                                                                                                            |                                                                                                                                        |                                                                                                     |
| <b>Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) kalibrasyon sertifikalarının tanınması konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanımma antlaşmasını imzalamıştır.</b><br><i>The Turkish Accreditation Agency (TURKAK) is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for the Accreditation(EA) and of the International Laboratory Accreditation(ILAC) for the Mutual recognition of calibration certificates.</i> |                                                                                                                            |                                                                                                                                        |                                                                                                     |
| <b>Ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri ve kalibrasyon metodları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir.</b><br><i>The measurements, the uncertainties with confidence probability and calibration methods are given on the following pages which are part of this certificate.</i>                                                                                                                                                                       |                                                                                                                            |                                                                                                                                        |                                                                                                     |
| <b>Mühür</b><br><i>Seal</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Tarih</b><br><i>Date</i>                                                                                                | <b>Kalibrasyonu Yapan</b><br><i>Calibrated by</i>                                                                                      | <b>Laboratuvar Müdürü</b> ✓<br><i>Head of Calibration Laboratory</i>                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 02.08.2012                                                                                                                 | <br>Kadir Balcan FIRAT                              | <br>Ufuk MALAK |
| Bu sertifika, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz.<br>İmzasız ve mühürsüz sertifikalar geçersizdir.<br><i>This certificate shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.</i>                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                            | Sayfa 1/6<br>FR510.02<br>rev00/02.08.2010                                                                                              |                                                                                                     |

Turnitin Orijinallik Raporu  
Tez Can Yerli tarafından  
Tez Tarama (SBE tez ) den

- 22-Haz-2015 17:53 EEST' de işleme konu
- NUMARA: 552059368
- Kelime Sayısı: 19313

Benzerlik Endeksi  
%9

Kaynağa göre Benzerlik

Internet Sources:  
%8

Yayımlar:  
%3

Öğrenci Ödevleri:  
%2

GCK

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı ve Soyadı** : Can YERLİ

**Doğum Yeri ve Tarihi** : ANKARA 17.03.1987

### Öğrenim Durumu:

| Derece        | Alan        | Üniversite           | Yıl  |
|---------------|-------------|----------------------|------|
| Lisans        | İşletme     | Anadolu Üniversitesi | 2010 |
| Yüksek Lisans | İç Mimarlık | Atılım Üniversitesi  | 2015 |

### İş Deneyimi:

| Çalıştığı Yer   | Görev    | Yıl  |
|-----------------|----------|------|
| Hamarart Design | İç Mimar | 2015 |

**Yabancı Diller** : İngilizce

**Yayınlar** : Yerli , C. (2014) Evaluation of acoustic diversity of religious buildings; case study from churches and mosques in Turkey. The Journal of the Acoustical Socite of America, 135 (4)

**E-posta** : canyrl@gmail.com

**Telefon** : 0 532 480 39 56

**Tarih** : 10.06.2015