



KTÜ FİZİK BÖLÜMÜ 4 NO'LU DERSLİĞİ VE HARİTA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ERDOĞAN ÖZBENLİ AMFİSİ'NİN SESİN NESNEL PARAMETRELERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mustafa KAVRAZ¹, Öznur YILMAZ¹,
¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
mkavraz@ktu.edu.tr, 0533 420 1615

ÖZET: Çok sayıda insanın bir arada bulunduğu ve iletişim kurduğu mekanlarda, sesin işitsel algısının mekanın fonksiyonuna da bağlı olarak optimum koşullarda sağlanabilmesi gerekmektedir. Bu gereklilik, öncelikle mekanın tasarım aşamasında dikkate alınmalı ve denetimi sağlanmalıdır. Bunun için öncelikli olarak tasarım, akustik tasarım kriterleri doğrultusunda gerçekleştirilmelidir. Tasarım aşamasında akustik açıdan denetim; ya ölçekli fiziksel model ya da bilgisayar simülasyon yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma kapsamında, KTÜ Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik ile Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin akustik denetimleri Odeon Version 10 Software simülasyon programı aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Denetimde sesin nesnel parametrelerinden RT, EDT, D₅₀ ve STI parametreleri kullanılmıştır. Simülasyon programı ile mekanların mevcut durumu için sesin nesnel parametrelerine ait değerler elde edilmiştir. Daha sonra optimum sınırlar içinde elde edilemeyen değerlerin optimum değer aralıklarına getirilmesi için mekanların yüzey malzemelerinde değişiklikler yapılmıştır. Sonuçta tüm nesnel parametreler için değerler optimum aralıklarda elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: mimari akustik, derslik, amfityatro, sesin nesnel parametreleri

INVESTIGATION OF KTU PHYSICS DEPARTMENT CLASS 4 AND ERDOĞAN ÖZBENLİ AMPHITHEATER IN KTU TOPOGRAPHICAL ENGINEERING DEPARTMENT ACCORDING TO OBJECTIVE PARAMETERS OF SOUND

ABSTRACT In places where a large number of people are together and communicating, the auditory perception of sound should be provided under optimum conditions, depending on the function of the space. This necessity should be taken into consideration firstly during the design stage of the space and should be inspected. For this purpose, the design must be carried out in accordance with the acoustic design criteria. Acoustic inspection during the design phase could be made; either by physical model or by computer simulation method. Within the scope of this study, acoustic inspections of KTU Department of Physics, Classroom 4 Class and Topographical Engineering. Dr. Erdoğan Özbenli amphitheater were performed by Odeon Version 10 Software simulation program. The objective parameters of sound, RT, EDT, D₅₀ and STI were used in the audit. With the simulation program, the values of the objective parameters of the sound were obtained for the current state of the spaces. Subsequently, changes were made to the surface materials of the spaces in order to bring the values into optimum ranges, that obtained out of optimum limits. As a result, values for all objective parameters were obtained in optimum ranges.

Keywords: architectural acoustics, classroom, amphitheater, subjective parameters of sound

1. GİRİŞ

Sınıf, eğitimci odaları, laboratuvar, konferans salonu gibi mekanları bünyesinde barındıran eğitim yapılarında tüm fiziksel durumlar gibi sesin işitsel algısının da optimum koşullarda sağlanması gerekmektedir. Optimum işitsel koşullar ise, mekânın tasarım sürecinde akustik tasarım kriterlerinin dikkate alınmasıyla sağlanabilmektedir. Optimum koşulların denetlenebilmesi; bilgisayar simülasyonu, yerinde gerçek ölçüm ve ölçekli fiziksel modeller aracılığı ile yapılabilmektedir. Bu yöntemler içinde en esnek olanı, değişimlerin kolay bir şekilde sağlanabilmesi ve buna bağlı olarak değişken sonuçların elde edilmesine imkan sağlayan bilgisayar simülasyonu yöntemidir. Bu yöntemin en önemli avantajı, hem tasarım aşamasında hem de uygulama sonrası denetimler yapılabilmesine olanak sağlamasıdır. Mevcut durumda meydana gelen akustik sorunlar modeller üzerinde yapılabilen esnek değişimlerle tekrar denetimden geçirilerek çözülebilmektedir. Bilimsel çalışmalarda ise genel olarak bilgisayar simülasyonu ve yerinde gerçek ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır.

Dersliklerde akustik açıdan optimum düzeyde sonuçların elde edilebilmesi için; mekanın formu, hacmi ve yüzey alanları ile iç mekan yüzeylerinde kullanılan malzemelerin akustik özellikleri ve mekanın kullanıcı sayısı büyük önem taşımaktadır. Sesin mekan içinde eşit enerji ile dağılımının sağlandığı en etkili form dikdörtgendir. İç bükey formlar odaklanmaya neden olabildikleri için akustik koşullara uygun şekilde boyutlandırılmaları gerekmektedir.

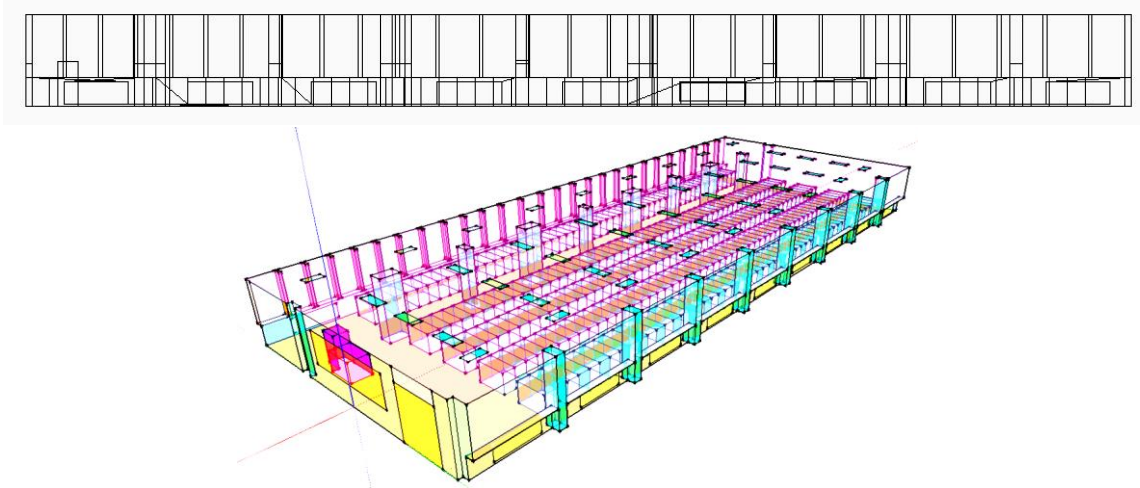
Iannace ve diğ. (2013) yapmış oldukları çalışmada, tarihi okul binalarındaki sınıflarda çıkarılabilir ses yutucu paneller kullanılarak reverberasyon süresini düşürmeyi amaçlamışlardır. Bunun için kullanmış oldukları yeşil malzemeyi sınıfların iç yüzeylerine uygulayarak hem bilgisayar simülasyonu ile hem de yerinde gerçek ölçümler ile elde ettikleri değerleri karşılaştırmışlardır. Bu yeşil malzeme bir tatlı su sazlığı olan arundo donax'dır. Genellikle nehir, göl kenarlarında ve sulak arazilerde yetişen bu bitki hızlı şekilde büyümektedir [1]. Vermeir ve Geetere (2002) yapmış oldukları çalışmada, 50 derslikte (anaokulu, ilk ve orta dereceli okullar) oda akustiği analizlerini ayrıntılı şekilde, yerinde ölçme tekniği ile gerçekleştirmişlerdir [2]. Çalışmada, RT ve STI değerleri üzerinden değerlendirmelerde bulunulmuştur. Durup ve diğ. (2015) sınıf akustik tasarımının öğretmenlerin konuşmaları üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, öğretmenlerin farklı sınıf türlerinde yapmış oldukları konuşmalardaki seslerinin ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir. Mekanlarda gürültü seviyeleri ve yankılanma süreleri ölçümlerini yapmışlardır [3].

Bu çalışma kapsamında, Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü'nde yer alan Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik ile Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin akustik özellikleri ODEON version 10 bilgisayar programında belirlenerek mevcut durum için sorunlar ortaya konulmuş ve sonraki süreçte akustik sorunlar çözülmüştür.

2. MATERYAL VE METOT

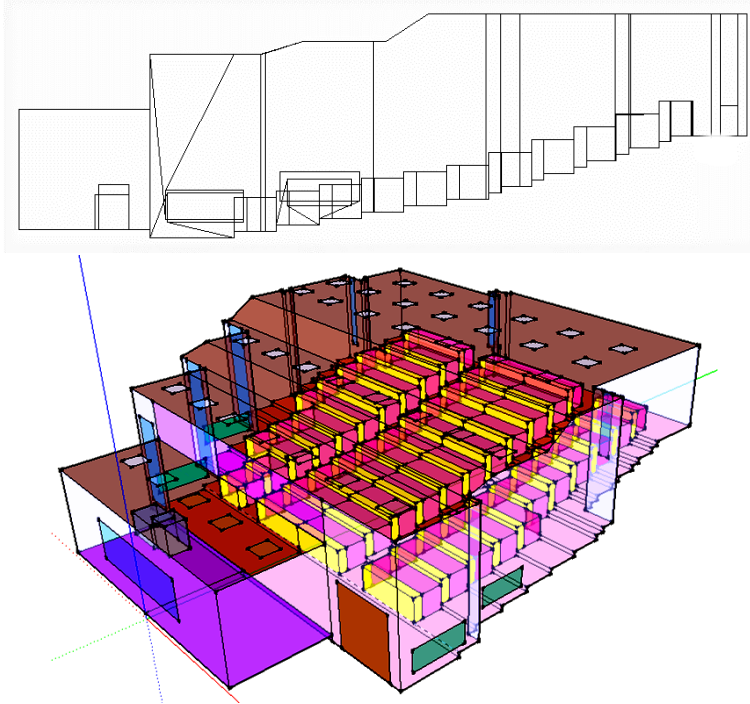
KTÜ Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik ile Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin akustik denetimlerinin yapıldığı çalışma kapsamında öncelikle bu iki mekanın rölemleri alınmıştır. Hazırlanan projelerin SketchUp8'de üç boyutlu modelleri yapılmış ve Odeon Version 10 programına aktarılmıştır.

Boyu 30,80 m, eni 12,11 m, yüksekliği 2,55 m ve hacmi 890 m³ olan KTÜ Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik 260 kişi kapasitesinde olup kişi başına yaklaşık 3,42 m³ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma biçimindeki dersliğin zemini seramik, duvarların yüzeyleri sıva üzerine boya, tavan yüzeyi ise alçıpan malzeme ile kaplıdır. Dersliğin dış cephe doğrultusundaki her iki duvarda pencere, koridor doğrultusundaki duvarda ise bir adet ahşap kapı ve yazı tahtası bulunmaktadır. Aydınlatma elemanı olarak sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmaktadır. Şekil 1'de 4 No'lu Dersliğe ait ODEON version 10'dan elde edilen kesit ve üç boyutlu model yer almaktadır.



Şekil 1. Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik kesiti ile sayısal modeli

Boyü 17,15 m, eni 15,70 m ile 8,70 m arasında değişen, yüksekliği ise 2,80 m, ile 4,50 m arasında değişen ve hacmi 780 m³ olan Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisi 185 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık 4,21 m³ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma biçimindeki amfinin zemini seramik, asma tavanı taş yünü, duvarların yüzeyleri ise sıva üzerine boya kaplıdır. Amfinin dış cephe doğrultusundaki her iki duvarında pencere, eni doğrultusundaki duvarda ise bir adet kapı ve yazı tahtası bulunmaktadır. Aydınlatma elemanı olarak sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmıştır. Şekil 2'de Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisine ait ODEON version 10'dan elde edilen kesit ve üç boyutlu model yer almaktadır.



Şekil 2. Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisi kesiti ile sayısal modeli

Mekânların iç yüzey kaplama malzemeleri akustik denetimlerin en önemli parametrelerinden biridir. Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin iç yüzey kaplama malzemelerine ait ses yutma katsayı değerleri Tablo 1'de, iyileştirme çalışmasında değiştirilen malzemeler ise Tablo 2'de yer almaktadır. Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisine ait ses yutma katsayı değerleri Tablo 3'de yer almaktadır.

Tablo 1. Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğinin iç mekan yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve 63-8000 Hz oktav bant frekans aralığındaki ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Kolonlar	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Tavan	4042*	Alçıpan	0.08	0.08	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03
3	Pencere Doğ.	14311**	Alüminyum	0.34	0.35	0.36	0.55	0.90	0.74	0.46	0.45
4	Duvar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
5	Kürsü	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
6	Dinleyici	11008*	Öğrenci	0.62	0.62	0.72	0.8	0.83	0.84	0.85	0.85
7	Pencere	10003*	Çift cam	0.10	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02
8	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı yüzey	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
9	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
10	Kapı	10007*	Ahşap	0.14	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10	0.10
11	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
12	Denizlik	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
13	Zemin Döşemesi	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
14	Aydınlatma Elemanı	14306**	Sıvaaltı aydınlatma armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

Tablo 2. Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve 63-8000 Hz oktav bant frekans aralığındaki ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Kolonlar	8005	Pamuklu kumaş	0.3	0.3	0.45	0.7	0.56	0.59	0.71	0.71
15	Arka duvar	8005	Pamuklu kumaş	0.3	0.3	0.45	0.7	0.56	0.59	0.71	0.71

Tablo 3. Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin iç mekan yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve 63-8000 Hz oktav bant frekans aralığındaki ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	14302*	Taş yünü asma tavan	0.28	0.29	0.33	0.53	0.73	0.86	0.92	0.92
2	Duvar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
3	Dinleyici	11008*	Öğrenci	0.62	0.62	0.72	0.8	0.83	0.84	0.85	0.85
4	Pencere Perdesi	8014*	Dokuma	0.06	0.06	0.1	0.38	0.63	0.7	0.73	0.73
5	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.1	0.07	0.06	0.07	0.07

6	Kürsü	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.1	0.07	0.06	0.07	0.07
7	Kapı	10001*	Tek cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
8	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı yüzey	0.2	0.12	0.1	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
9	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.4	0.3	0.25	0.2	0.1	0.1	0.15	0.15
10	Alçıpan Alın	4042*	Alçıpan	0.08	0.08	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03
11	Zemin Döşemesi	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
12	Sahne	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
13	Aydınlatma Elemanı	14306**	Sıva altı aydınlatma armatürü	0.2	0.12	0.1	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

* : Odeon V10 programının kütüphanesinden seçilen malzemedir [4].

** : [5]

SketchUp8'de hazırlanan ve Odeon Version 10 simülasyon programına aktarılan üç boyutlu modellere genel malzeme ataması yapıldıktan sonra ses kaçışlarının olup olmadığı denetlenmiş ve kaçış olan yüzey birleşimlerinde gerekli düzeltme işlemleri yapılmıştır. Daha sonra modellere malzeme atamaları gerçekleştirilerek Odeon Version 10 kapsamındaki hesap parametre değerlerinin atamaları gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerin ardından program koşturularak sesin nesnel parametrelerine ait değerler elde edilmiştir [6]. Program kapsamında önemli yer tutan ses kaynağı ve alıcı konumlarına ait atamalar da eğitimci ve öğrenci yerleşim düzenine göre belirlenmiş ve koordinatları girilmiştir. Ses kaynağı olarak eğitimci mekanların aks eksenini üzerinde ve zemin kotundan 1.50 m. yüksekliğe konumlandırılmış olup, alıcı konumunda olan öğrenciler plan düzleminde 0.50x0.50 m. gridler şeklinde zemin düzleminde 1.20 m. üst kotta tanımlanmıştır.

3. BULGULAR ve İRDELEMELER

Odeon Version 10 simülasyon programı aracılığı ile mekanların mevcut durumu için sesin nesnel parametre değerleri elde edilmiştir. Bu değerler derslikler için literatürde önerilmiş olan optimum nesnel parametre değer aralıkları ile karşılaştırılmıştır. Belirlenen aralıkların dışında kalan nesnel parametrelerin bu değer aralığında elde edilebilmesi için mekanların yüzeylerinde malzemeler değiştirilerek akustik düzenleme yapılmıştır.

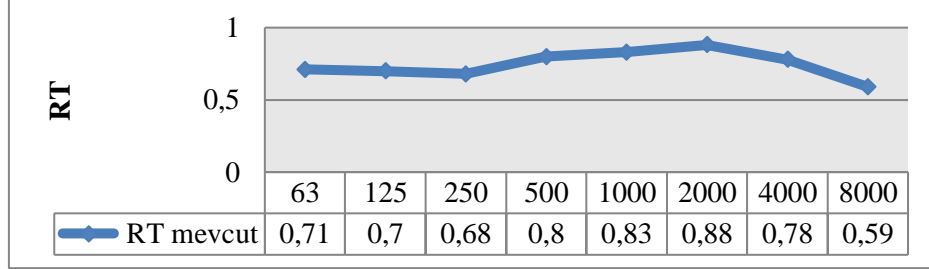
3.1. Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu için Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, [7], [8], [9], [10], [11]

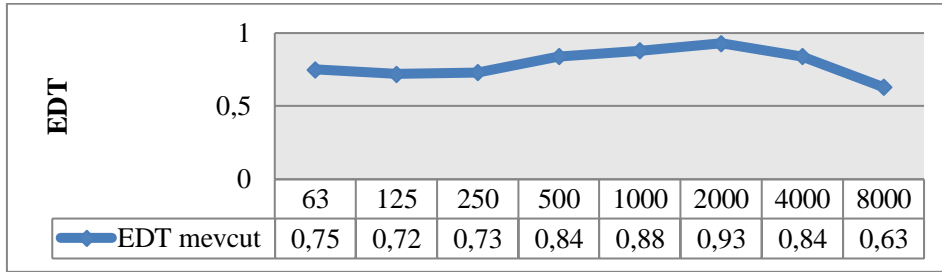
Hacim Akustiği Parametresi	Fizik Bölümü	Optimum (minimum)	Optimum (maximum)				
	4No'lu Derslik						
RT	Mevcut	0,68					
	Malzeme değişikliği	0,68					
EDT _{mid}	Mevcut	0,548					
	Malzeme değişikliği	0,548					
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤					
STI	Her iki durum için	0-0.3	0.3-0.45	0.45-0.6	0.6-0.75	0.75-1.0	
		Kötü	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel	

Reverberasyon Süresi (RT): Dersliğin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,80 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 3). Büyük hacimli mekan kapsamında incelenen ve 890 m³ hacme sahip olan dersliğin, orta frekans bölgesindeki optimum RT değeri 0,68 ile 0,92 sn. aralığındadır (Tablo 4). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzeyde elde edilmiştir.



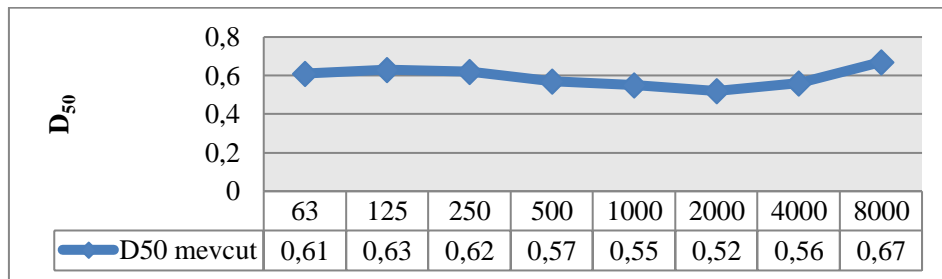
Şekil 3. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Dersliğin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,84 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 4). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,548 ile 0,812 sn. aralığındadır (Tablo 5). Belirtilen aralığa göre dersliğin mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



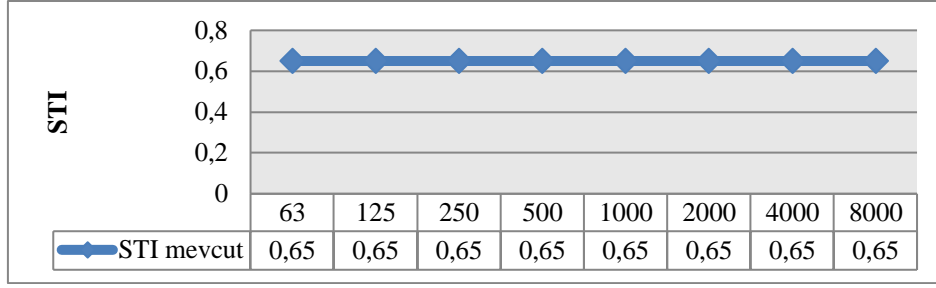
Şekil 4. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D₅₀): Dersliğin mevcut durumu için D₅₀ değeri 0,57 olarak elde edilmiştir (Şekil 5). Bu değer D₅₀ optimum alt sınır değerinin üzerindedir (Tablo 4). Dersliğin mevcut durumu için %50 üzerinde olan D₅₀ parametresine göre, %90 konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 5. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Dersliğin mevcut durumu için STI değeri 0,65 olarak elde edilmiştir (Şekil 6). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 aralığındadır (Tablo 5).

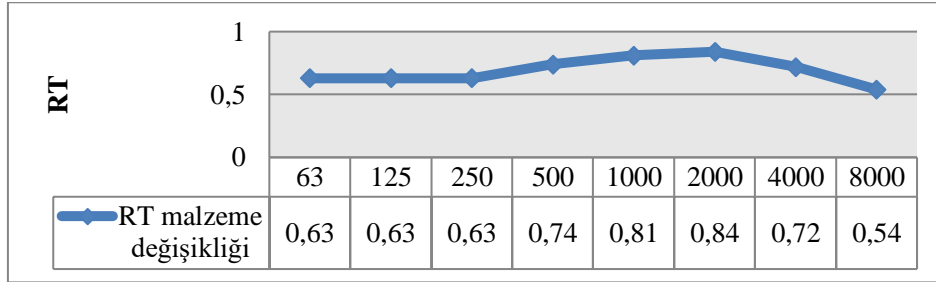


Şekil 6. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.2. Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik için İyileştirme Çalışması

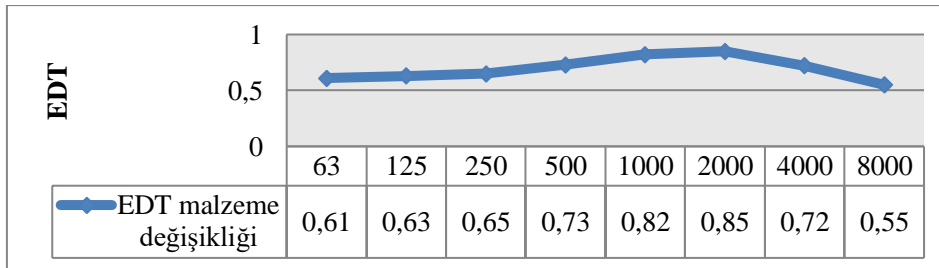
Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik için elde edilen EDT değerinin optimum düzeye, D_{50} ve STI değerlerini ise daha iyi düzeylere getirmek amacıyla mekan yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır. Malzeme değişikliğinde alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru ses yutuculukları giderek artış gösteren malzemeler seçilmiştir. Arka duvarın tamamında ve kolonlarda; yerden 90 cm yukarıdan başlayarak tavan yüzeyine kadar kumaş kaplama malzemesi kullanılmıştır (Tablo 2). İyileştirme çalışması kapsamında 4 No'lu Dersliğin Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

Reverberasyon Süresi (RT): İyileştirme çalışması kapsamında mekanın hacminde herhangi bir değişiklik meydana gelmemiş ve bu nedenle optimum RT değer aralığı mevcut durumdaki gibi 0,68 ile 0,92 sn. arasında kalmıştır (Tablo 4). Bu değer aralığına göre, malzeme değişikliği durumunda da RT değeri (0,74 sn.) yine optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 7).



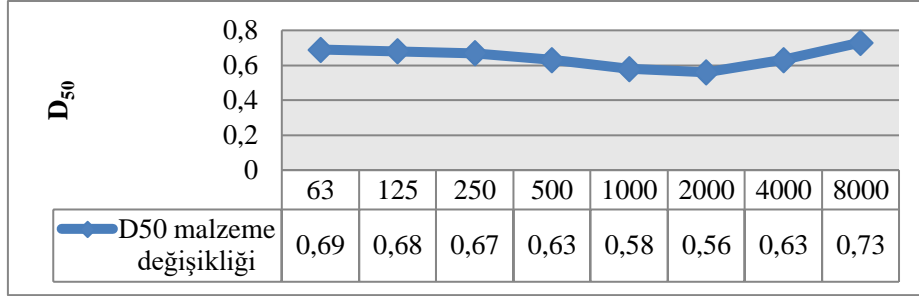
Şekil 7. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Derslik için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT, mevcut durumdaki gibi 0,548 ile 0,812 sn. değer aralığında kalmıştır (Tablo 4). Dersliğin mevcut durumu için optimum değer aralıklarında olmayan EDT değeri (0,84 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,73 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 8).



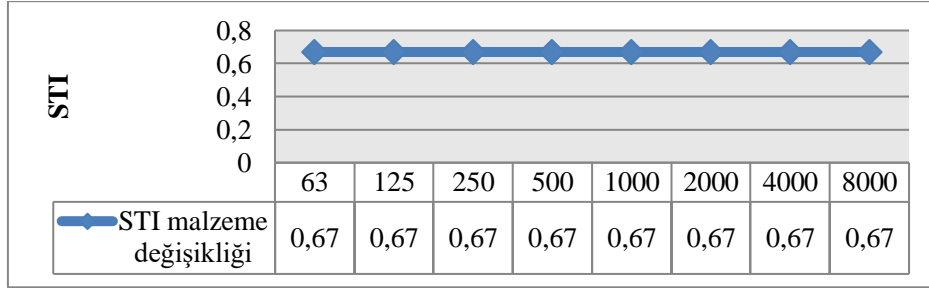
Şekil 8. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayrırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,63) mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,57) göre artış meydana gelmiştir (Şekil 9). Değişiklik sonrasında, derslik için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 9. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Derslikte yapılan malzeme değişikliğinden sonra elde edilen STI değeri (0,67) anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 değer aralığında elde edilmiştir (Şekil 10). Bu, mevcut durumdaki STI değerinden (0,65) biraz daha yüksektir.



Şekil 10. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

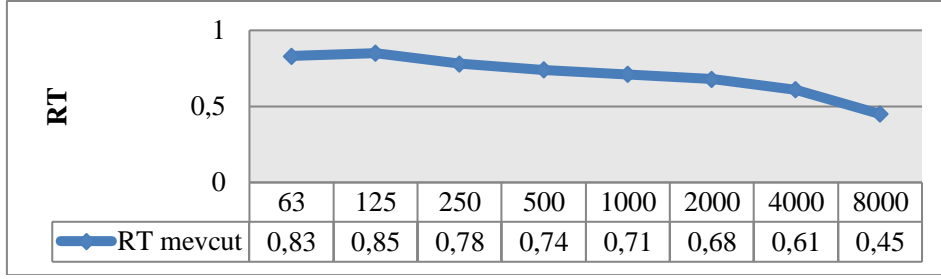
3.3. Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin Mevcut Durumu için Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu için Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, [7], [8], [9], [10], [11]

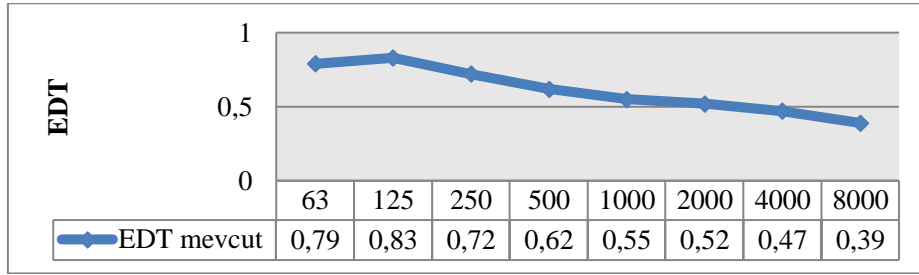
Hacim Akustiği Parametresi	Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. E. Özbenli Amfisi	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,67			0,91	
EDT _{mid}	Mevcut	0,537			0,801	
D ₅₀	Mevcut	0,50 ≤				
STI	Mevcut	0-0.30	0.3-0.45	0.45-0.6	0.6-0.75	0.75-1.0
		Kötü	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Amfinin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,74 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 11). Büyük hacimli mekan kapsamında incelenen ve 780 m³ hacme sahip olan amfinin, orta frekans bölgesindeki optimum RT değeri 0,67 ile 0,91 sn. aralığındadır (Tablo 5). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzeyde elde edilmiştir.



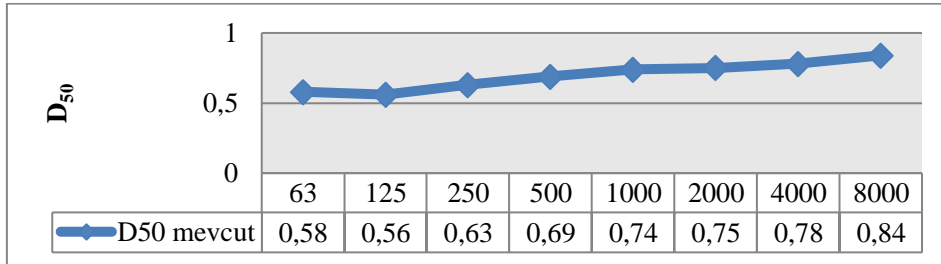
Şekil 11. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Amfinin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz’de (orta frekans bölgesi) 0,62 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 12). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,537 ile 0,801 sn. aralığındadır (Tablo 5). Belirtilen aralığa göre, dersliğin mevcut durumu için EDT optimum değer aralığında elde edilmiştir.

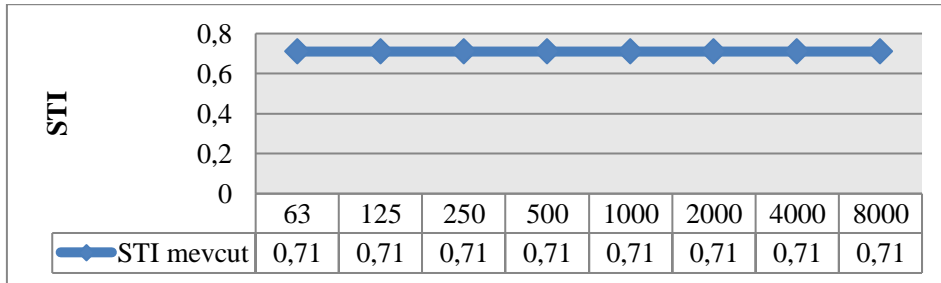


Şekil 12. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Amfinin mevcut durumu için D_{50} 0,69 olarak elde edilmiştir (Şekil 13). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinin üzerindedir. Dersliğin mevcut durumu için %50'nin üzerinde olan D_{50} parametresine göre, %90 konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Şekil 13. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Amfinin mevcut durumu için STI değeri 0,71 olarak elde edilmiştir (Şekil 14). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 değer aralığındadır (Tablo 5).



Şekil 14. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

6. SONUÇLAR

KTÜ Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik ile Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin akustik denetimlerinin yapıldığı çalışma kapsamında; Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisi için belirlenen nesnel parametre

değerleri optimum değer aralıklarında elde edilmiştir. Bu nedenle mekan yüzeylerinde herhangi bir malzeme değişikliği gerçekleştirilmemiştir. Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik için yapılan değerlendirmede ise; EDT haricindeki diğer nesnel parametre değerleri optimum düzeyde elde edilmiştir. EDT değeri için yapılan malzeme değişiklikleri sonucunda EDT değeri de optimum sınır aralıklarında elde edilmiştir.

Dersliklerin akustik tasarımında dikdörtgen form sesin mekan içerisinde dengeli şekilde dağılımı ve optimum işitsel algı açısından önem taşımaktadır. Bu mekanların hacimlerinin artışı ile birlikte yan yüzeylerde ve tavan yüzeylerinde yapılacak olan eğimleri tanımlanmış yansıtıcı yüzeyler sesin dengeli dağılımı açısından etkili sonuçlar vermektedir. Özellikle reverberasyon sürelerinin optimum düzeyde elde edilmesi açısından yutuculuk dengesinin de mekan içerisinde sağlanması gerekmektedir.

NOT

Bu çalışma, 2009.120.001.1 No'lu Proje kapsamında KTÜ - BAP Birimi tarafından desteklenmiştir. Aynı zamanda, KTÜ Mimarlık Anabilim Dalında "Eğitim Yapılarındaki İç Mekanların Bilgisayar Simülasyon Yöntemi ile Akustik Açısından İncelenmesi, Değerlendirilmesi ve Düzenlenmesi: KTÜ Örneği" isimli Yüksek Lisans Tezi kapsamında yapılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1]. Iannace G., Trematerra A., Trematerra P. (2013). Acoustic correction using green material in classrooms located in historical buildings, *Acoustics Australia*, Vol. 41, No. 3, December pp.213-218.
- [2]. Vermeir G., Geetere L.D. (2002). Classrooms acoustics in Belgian schools: Experiences, Analysis, Design, The 2002 International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Dearborn, MI, USA. August 19-21.
- [3]. Durup N., Shield B., Dance S., Sullivan R., Gomez-Agustina L. (2015). How classroom acoustics affect the vocal load of teachers, 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015, Energy Procedia, 78, pp. 3084 – 3089.
- [4]. Christensen, C. L. (2009). Odeon Room Acoustics Program, Denmark.
- [5]. <http://www.ptb.de/en/org/1/16/163/datenbank.htm> Sound Absorber Materials. Erişim Tarihi: 15.12.2011.
- [6]. Kavraz M. (2012). The effect of sound diffusers on the objective parameters of sound: the multipurpose hall of Sultanbeyli cultural center, *American Journal of Scientific Research*, Issue 57, ss.37-46.
- [7]. Sirel Ş., (1981), Hacim akustiğinde yansıma süresi. İstanbul: Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İDMMA Basımevi, İstanbul.
- [8]. Gade, A.C. (1989). Acoustical survey of eleven european concert halls. Denmark: The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark, Report No.44.
- [9]. Barron, M. (1993). Auditorium acoustics and architectural design. E & FN Spon, London.
- [10]. Kuttruff, H. (1991). Room acoustics, Elsevier Science Publishing, New York.
- [11]. Long, M. (2006). Architectural acoustics. Elsevier Inc. New York.