

AÇIK PLANLI BÜROLARDA AKUSTİK SORUNLAR VE DENETİM ÖNLEMLERİ: BİR ÖRNEK ÜZERİNDE DEĞERLENDİRMELER

Bariş ACAR^{1, a}, Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ^b

^a Fresko Tanıtım Hizmetleri, Şişli/İstanbul, TÜRKİYE

baris-acar@hotmail.com

^b Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı/İstanbul, TÜRKİYE

neseakdag@yahoo.com

ÖZ

Açık planlı ofisler, çok sayıda çalışanın bir arada olduğu mekanlardır. Özellikle gürültü açısından gereken denetim sağlandığında, bir açık planlı ofiste, çalışma ortamı olarak oldukça yüksek verimin sağlanması olanaklıdır. Bu tür mekanlarda bölme duvarları bulunmadığı için, konuşmadan, telefondan ve büro araç-gereçlerinden kaynaklanan sesler rahatsız edici olabilir. Bir açık planlı ofiste uygun akustik ortamın oluşabilmesi için yeterli konuşma gizliliğinin, anlaşılabilirliğinin ve kabul edilebilir gürültü düzeyinin altında kalan gürültü ortamının sağlanması gerekir. Bu çalışmada, kullanımı ülkemizde de yaygın olan açık planlı büro yapılarının mimari tasarım aşamasında, işitsel konforun sağlanmasına yönelik alınması gereken önlemlerin somut olarak ortaya konulmasına çalışılmıştır. Bu amaçla, İstanbul Kartal'da bulunan bir aydınlatma firmasına ait açık planlı büro hacminde, mevcut durumu değerlendirmek üzere gürültü düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Hacim bilgisayar ortamında modellenmiş ve kapalı mekanlarda işinsal analizlerle ses hareketlerini oluşturarak hacim akustiği ölçütlerine ilişkin belirlemelere olanak sağlayan Odeon 8.0 programına aktarılmıştır. Aynı program yardımıyla, hacimde "değişik bölme elemanı yükseklikleri" ve "değişik yüzey yutuculukları" göz önüne alınarak, işitsel konfor ortamı analiz edilmiş ve en uygun koşullar ortaya konmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, açık planlı bürolarda bölme elemanı özellikleri ile hacimde gereksinim duyulan toplam ses yutuculuğu arasındaki ilişki somut değerlerle ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Açık planlı büro, işitsel konfor, akustik tasarım

ACOUSTICAL PROBLEMS AND REQUIREMENTS IN OPEN PLANNED OFFICES- ELEVATIONS ON A CASE STUDY

ABSTRACT

The open-plan offices are extensive spaces designed to accommodate a large number of office workers. An open-plan office can work reasonably well when carefully designed, especially in terms of noise. In an open-plan office, full-height partitions aren't used; therefore spreading noises caused by conversation, office machines ect., can be disturbing. In order to provide good acoustical conditions in an open plan office, adequate speech privacy, speech intelligibility and acceptable background noise level have to be obtained. In this study, it has been intended to investigate the precautions that should be taken to provide acoustic comfort conditions, during the design of the open planned office places which have been in common use also in our country nowadays. For this aim, acoustic measurements were performed in an open planned office placed in Kartal-Istanbul. The office is digitally modeled by using the software Odeon 8.0 which performs the exact acoustic calculations with the impressions of radial analysis. The acoustic comfort conditions has been analyzed in different sound absorption properties and separator heights by the Odeon 8.0 software. In conclusion, the relation between separator properties and required sound absorption values of 'open planned offices' inner surfaces are explained by some concrete values.

Key words: Open planned office, acoustic comfort, acoustic design

¹ Bu makale, birinci yazar tarafından YTÜ Mimarlık Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Açık Planlı Büro Yapılarında İşitsel Konforun Sağlanmasına Yönelik Yaklaşım Örnekleri" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

1. GİRİŞ

Günümüzde geleneksel büro hacimleri yerini açık planlı büro hacimlerine bırakmakta ve açık planlı büroların kullanımı giderek artmaktadır. Ancak, açık planlı bürolar gerek ekonomik açıdan, gerekse yapım süresi açısından işletmeye olumlu katkılar sağlasa da, özellikle kullanıcılar için birtakım problemleri de beraberinde getirmektedir.

Bir mekanın işlevine bağlı olarak, uygun fizik ortamını (ses, ısı, ışık ve renk açısından) oluşturmak için gerekli pek çok düzenleme yapılmaktadır. Ancak henüz tasarım aşamasında, yapı ile ilgili etkenlerin göz önüne alınması bilinci ülkemizde tam olarak oluşmamıştır. Planlama aşamasında alınmış kararlardaki hatalar, genelde yapının kullanımı sırasında ortaya çıkmakta, iyileştirmeye yönelik çalışmalar ise gerek ekonomik açıdan, gerekse işgücü ve yapım açısından ek bir yük oluşturmaktadır. Uygun fiziksel ortam koşullarının sağlanması ile ilgili olarak, tüm açık planlı mekanlar gibi, açık planlı büroların da özel bir önemi vardır.

Açık planlı bürolarda yapılan birçok anket, gözlem ve çalışma, kullanıcıların verimli çalışmasını etkileyen en önemli etkenlerin akustik ile ilgili olanlar olduğunu göstermiştir[1, 2, 3]. Açık planlı bürolarda işitsel konforun sağlanması ve gerekli denetimin oluşturulması temel bir gereksinimdir. Bu gereksinim ile ilgili koşulların tasarım sürecinde göz önüne alınması, kullanıcılara akustik konfor koşulları açısından uygun bir ortam sağlanabilmesi açısından gereklidir.

Bu çalışmanın amacı, açık planlı büro yapılarında akustik sorunların ve denetim önlemlerinin örnekleme yolu ile ortaya konmasıdır. Bu amaçla akustik sorunların varlığının gözlemlerle belirlendiği açık planlı bir büro yapısı seçilerek, öncelikle, mevcut işitsel konfor durumunu sayısal verilerle

belirlemeye yönelik gürültü düzeyi ölçmeleri gerçekleştirilmiş, ardından, uygun akustik konfor koşullarını sağlayacak önlemler ile ilgili inceleme ve değerlendirmeler yapılmıştır [4].

2. AÇIK PLANLI BÜROLARDA AKUSTİK TASARIM

Açık planlı büro mekanlarında, mekanı paylaşan insanlar arasında sabit duvar elemanları gibi ayırıcılar söz konusu olmayıp, tefriş elemanları belirli bir düzende yerleştirilmektedir. Bu düzende çalışanların arası ya tamamen açıktır ya da alçak bölmeler, dolaplar ve/ya da yeşil bitkiler yardımıyla, açıklık içinde mekan hissini güçlendirmek için bölünmektedir [5].

Açık büro, duvarsız bir alan değil, iletişime kolaylık getirirken gizliliği de gözeten bir tasarım biçimidir. Büroda çalışma hem tek kişi, hem de grup halinde olabileceği için, büro mekanı ile kişiler arasında sıkı bir ilişki kurulmaktadır. Açık planlı bürolarda ekipler arasındaki sıkı bilgi akışı ve haberleşme kolaylaşmakta, ancak çalışma verimi açısından da bazı sorunlar ortaya çıkabilmektedir[6]. Bu sorunların başında ise, sessel olaylar gelmektedir.

Bilindiği gibi, uzun süre gürültülü ortamlarda bulunan kişilerde fizyolojik ve psikolojik açıdan birtakım sorunlar görülebilir. Öte yandan, gürültü nedeniyle, iş hayatını doğrudan etkileyen dikkatin dağılması, verimin azalması gibi birtakım olumsuz etkiler de ortaya çıkabilir. Açık planlı büro hacimlerinde uygun akustik ortamın sağlanabilmesinde önem taşıyan etkenleri aşağıda görüldüğü gibi sıralamak olanaklıdır.

- Büro hacimlerinde, gürültü düzeyinin kabul edilebilir değerler altında kalması sağlanmalıdır. Bu açıdan, gerek hacim içinde bulunan gürültü kaynaklarının oluşturduğu, gerekse yapı içinde diğer

hacimlerden ve/ya da yapı dışından gelen gürültüler denetlenmelidir.

- Karşılıklı konuşmaların ve telefon görüşmelerinin diğer çalışanları rahatsız etmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır.
- Büroda kullanılan makinelerin, kullanıcıların işitsel konforuna etkisi büyüktür. Her büroda iş makinesi kullanılmamasına karşın, akustik konforu bozan durumlarda denetleme yapılması gerekir. Büyük büro hacimlerinde makinelerin çıkardığı sesler hacimdeki ses düzeyini etkilemekte, özellikle uzun süre bu makineleri kullanan kişilerde olumsuz etkilenmeler görülmektedir. Bu nedenle, bürolarda makinelerin çıkardığı gürültülerin özelliklerine bağlı olarak gereken önlemler alınmalıdır.
- Kimi zaman tesisat gürültüleri (iklimlendirme, elektrik, asansör, su vb.) de önemli gürültü kaynağı olabilmektedir. Bu açıdan da gerekli denetimler yapılmalıdır.
- Büro hacimlerinde, katıda doğan sesler, işitsel konforu etkileyen diğer bir gürültü şeklidir. Büro hacmine bitişik hacimlerden gelebilecek darbe sesi ya da hacim içinde mobilyaların itilip çekilmesinden, adım seslerinden oluşacak gürültüler işitsel konforu etkileyecektir. Bu açıdan da gereken önlemler alınmalıdır.
- Bir büro hacminde normal uzaklıkta karşılıklı konuşan iki kişinin konuşması anlaşılabilir olmalıdır.
- Kimi zaman bazı konuşmaların diğer kişiler tarafından duyulması istenmez. Bu nedenle, konuşma gizliliğinin sağlanması da önemlidir. Özellikle açık

planlı büro hacimlerinde, konuşma gizliliğinin sağlanması, genelde önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

3. AÇIK PLANLI BÜROLARDA GÜRÜLTÜ SORUNUNA İLİŞKİN DENETİM ÖNLEMLERİNİN ÖRNEKLEME YOLU İLE ORTAYA KONMASI

Açık planlı bürolarda yaşanan akustik sorunları ve getirilebilecek önlemleri örneklemek amacıyla, İstanbul'da yer alan ve aydınlatma sektörünün önde gelen firmalarından birine ait olan açık planlı büro incelemeye alınmıştır. Çalışma kapsamında, öncelikle büronun mevcut işitsel konfor durumunu belirlemek üzere gürültü düzeyi ölçmeleri gerçekleştirilmiş, daha sonra uygun akustik ortam koşullarını oluşturmaya yönelik önlemler ile ilgili inceleme ve değerlendirmeler yapılmıştır. Hacme ilişkin akustik hesaplar, günümüzde kullanımı oldukça yaygın olan Odeon 8.0 simülasyon programı ile gerçekleştirilmiştir[7]. Söz konusu program, ışınal analizler yardımıyla, hacim akustiği parametrelerinin çok büyük yaklaşıklıkla belirlenmesini sağlamaktadır. Hacmin bilgisayar ortamında modellenmesi yapılarak Odeon programına aktarılmış ve hacim akustiği parametrelerine ilişkin değerlendirmeye alınması gereken hesaplar gerçekleştirilmiştir.

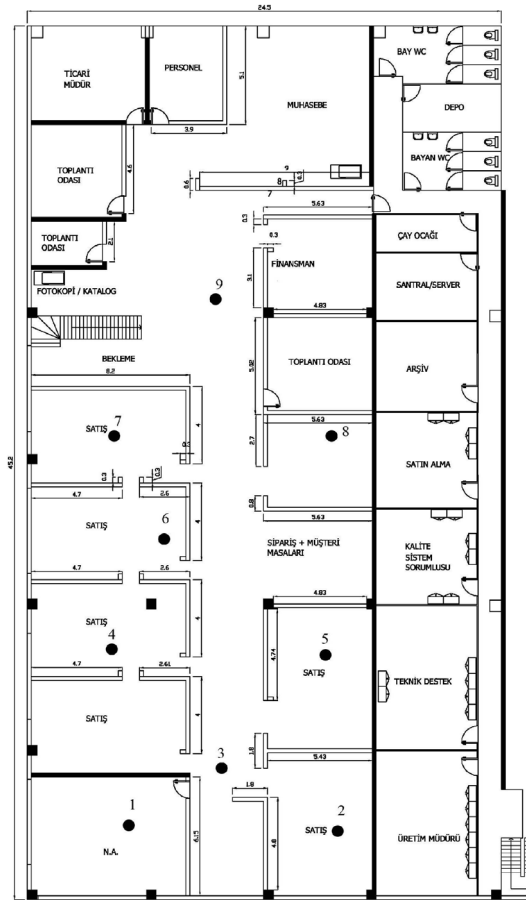
3.1. Örnek Açık Planlı Büro Hacminin Mimari Özellikleri

İstanbul-Kartal E5 karayolu yakınlarında olan ve aynı zamanda firmanın fabrikasının da yer aldığı binanın ikinci katı açık planlı büro olarak tasarlanmıştır. Dikdörtgen planlı olan büro katının boyutları 47 m x 23.4 m olup, toplam alanı yaklaşık 1100 m² dir. Toplam alanın 800 m² si açık planlı büro olarak kullanılmaktadır (Şekil 1). Kat yüksekliği 2.60 m. olan büronun hacmi 2860 m³ tür. Akustik konfor açısından önem taşıyan, yapıya ve büro hacmine ilişkin diğer özellikler aşağıda yer almaktadır.

- Hacmi çevreleyen yapı kabuğu cam ve duvar olarak oldukça yansıtıcı yüzeylerden oluşmaktadır. Dolu kısımlar 20 cm kalınlığında gaz betondur ve hacim iç yüzeylerinde alçı sıva üzeri plastik boya kullanılmıştır.
- Döşemeler ses açısından oldukça yansıtıcı olan granit kaplamadır (Şekil 2).
- Binayı örten çatı, makaslar üzerine oturan poliüretan yalıtımlı sandviç sistem olup asma tavan sistem ile saklanmıştır.
- Asma tavanın bir bölümü alçıpan, bir bölümü de taş yünü levhalardan oluşmaktadır. Tavanda kullanılan çok

sayıdaki aydınlatma aygıtı ile hem aydınlatma sağlanmakta, hem de firma kendi ürünlerini sergilemektedir.

- Çalışma grupları arasında 1.50 m yüksekliğinde, 1.00 m'lik bölümü alüminyum, 0.50 m'lik bölümü de camdan oluşan bölücü elemanlar bulunmaktadır.
- Kullanım saatleri sabah 09.00-akşam 19.00 olan hacimde 37 kişi çalışmaktadır.
- Hacimde etkili başlıca gürültü kaynakları; konuşma, telefon sinyal sesi ve büro araç gereçlerinin sesleridir. Yapı dışında ise önemli bir gürültü kaynağı bulunmamaktadır.



Şekil 1. Büro kat planı



Şekil 2. Büro hacminden görüntüler

3. 2. Gürültü Düzeyi Ölçmeleri ve Değerlendirmeler

Açık planlı büro hacminin akustik açıdan mevcut durumunu belirlemek amacıyla gürültü düzeyi ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. Hacmin özellikleri göz önüne alınarak 9 adet ölçme noktası belirlenmiştir (Şekil 1). TS 9315/ISO 1996-1 [8]'ye uygun olarak gerçekleştirilen ölçmelerde, Bruel&Kjaer Precision Integrating Sound Level Meter (Type2236) kullanılmıştır. Hacimde etkin gürültü kaynağının konuşma ve alıcı konumunun da masada oturarak çalışma olması nedeniyle, ölçmeler döşemeden 1.10 m yükseklikte gerçekleştirilmiştir. Eşdeğer sürekli gürültü düzeyinin yanı sıra, gürültünün zaman içindeki durumunu değerlendirmeye olanak sağlayan istatistiksel düzeyler de ölçülmüştür.

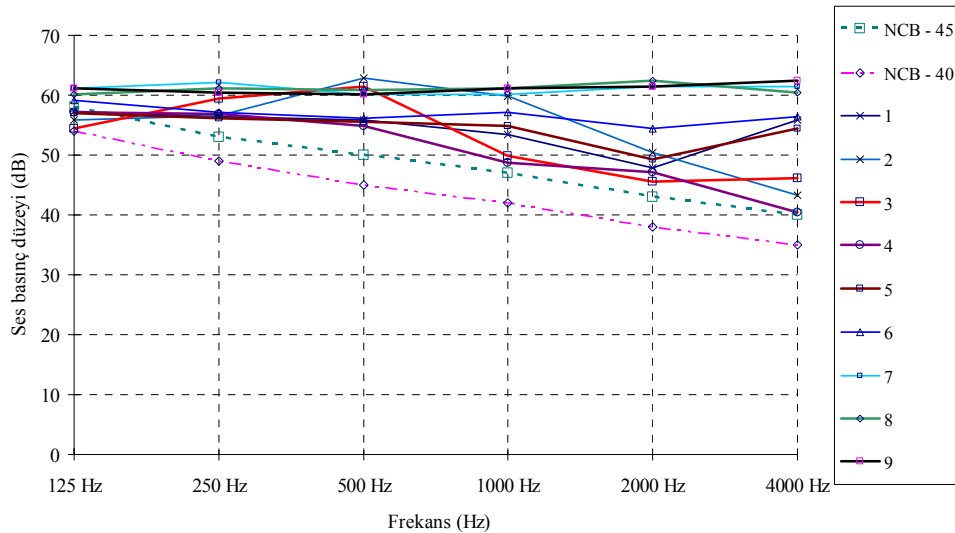
Ayrıca, 125 Hz - 4000 Hz arasında oktav aralıklarla gürültü düzeyleri ölçülerek, frekans analizi yapılmıştır. Çizelge 1'de görülen gürültü düzeyleri, her ölçüm noktasında gerçekleştirilen onar dakikalık ikişer ölçmenin ortalamasıdır. Türkiye'de

yürürlükte olan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi" yönetmeliğine göre, pencereler kapalı iken kabul edilebilir gürültü düzeyi büyük bürolarda 45 Leq (dBA), genel bürolarda 50 Leq (dBA)'dur [9]. Çizelge 1'de yer alan ve toplam değeri belirten (L_{Aeq}) ölçme sonuçlarına bakıldığında tüm ölçme noktalarında ve hacim genelindeki ortalama değerlerde, kabul edilebilir düzeyin oldukça üstünde kalan değerlerin söz konusu olduğu görülmektedir. Hacimdeki mevcut ortalama gürültü düzeyi 10 dBA kadar kabul edilebilir değer üzerindedir.

Hacimlerde kabul edilebilir gürültü düzeyinin frekanslara göre değerlendirilmesine olanak tanıyan ve günümüzde kullanımı oldukça yaygın olan NCB ölçütlerinin, genel bürolar için kabul edilebilir değeri NCB 40-45 olarak verilmektedir [10]. Şekil 3'te yer alan grafikte, büro hacminde, örnek alınan noktalarda frekansa göre ölçülen gürültü düzeyleri ile NCB 40 ve NCB 45 eğrileri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 1. Ölçme noktalarında gürültü düzeyleri ve bürolarda kabul edilebilir gürültü düzeyleri

Ölçme No	LAeq	Gürültü düzeyi (dB)					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1	59,5	57,3	56,5	55,8	53,5	47,9	55,8
2	62,7	55,9	56,6	62,8	59,8	50,5	43,3
3	66,2	54,5	59,5	61,4	49,8	45,6	46,2
4	54,0	57,1	56,9	54,8	48,7	47,2	40,4
5	57,5	57	56,1	55,6	54,9	49,3	54,5
6	61,3	59,2	57,2	56,2	57,1	54,5	56,4
7	63,3	61,2	62,2	60,2	60,1	61,5	61,4
8	62,4	60,2	61,2	60,8	61,1	62,5	60,4
9	61,3	61,2	60,5	60,2	61,1	61,5	62,4
ortalama	60,9	58,1	58,5	58,6	56,2	53,4	53,4
Kabul edil. gür. düz. (NCB 45)	50,0	58,0	53,0	50,0	47,0	43,0	40,0



Şekil 3. Değişik noktalarda, frekanslara göre ölçülen gürültü düzeylerinin kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılması

Yapılan ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde, hacim içindeki ses düzeyinin, gerek toplam düzey olarak, gerekse frekans fonksiyonunda, açık planlı bürolar için kabul edilebilir gürültü düzeyinin üzerinde olduğu görülmektedir. Bunun başlıca nedeni, hacmin büyük olmasına karşın, ses yutucu özelliğe sahip gereçlerin yeteri kadar kullanılmamasıdır. İç yüzey gereçlerinden sadece tavanda belli oranda ses yutucu gereç (alçıpan ve taş yünü asma tavan levha) kullanılmıştır. Döşemede sesi

oldukça yansıtıcı özellikte olan granit, duvar ve bölücü elemanlarda da yine ses yansıtıcı özellikte gereçler kullanılmıştır. Oldukça geniş yüzeyler oluşturan pencerelerde kullanılan jaluziler de, ses yutucu özellikleri açısından zayıftır.

Ayrıca, aydınlatma aygıtı tasarımı ve üretimi yapan firma, büro hacminde, ürettiği çeşitli armatürleri sergilemek istediğinden, tavanda çok sayıda olan bu armatürler belli orandaki ses yansıtıcı özelliklerinden ötürü,

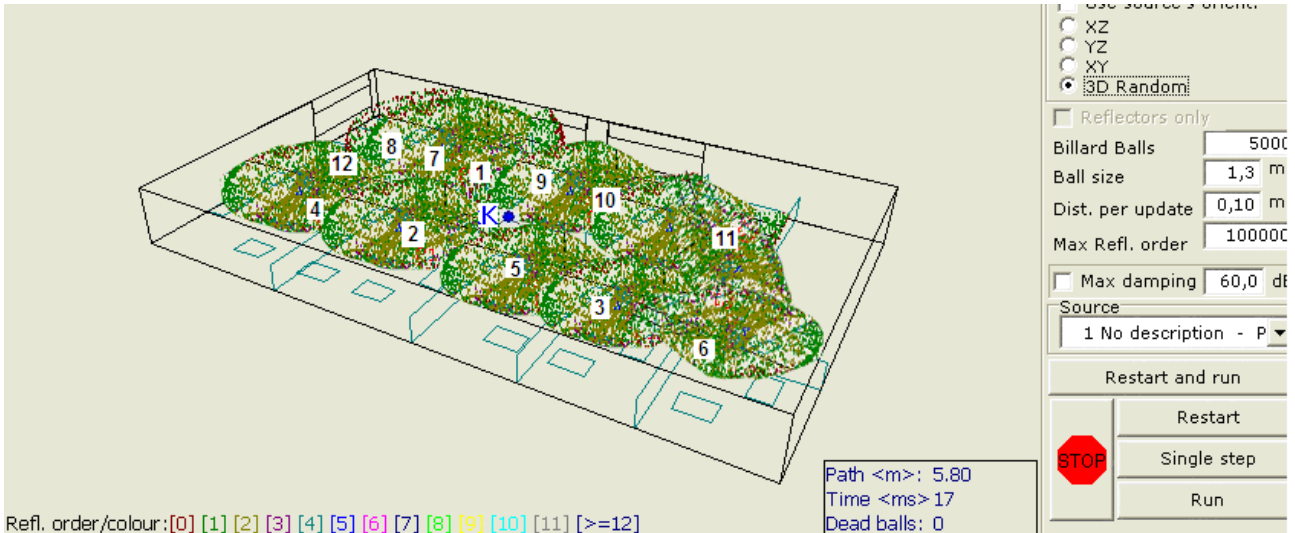
fon gürültüsü düzeyini olumsuz etkilemektedirler.

Büro hacminde, işitsel olarak algılanan ve yapılan ölçme sonuçlarının değerlendirilmesi ile de somut olarak saptanan olumsuz akustik ortamı iyileştirmeye yönelik çalışmalar, aşağıdaki bölümde yer almaktadır.

3.3. Akustik Konforun İyileştirilmesine Yönelik Çalışmalar

Büro hacminde akustik konforun iyileştirilmesi, bir dizi önlem kapsamında incelenmiştir. Açık planlı bürolarda bölme elemanlarının etkinliğinin önemi göz önüne alınarak mevcut durumda 1.50 m olan bölme elemanı yüksekliğinin yanı sıra, yüksekliğin 1.70 m olması durumu da değerlendirmeye alınmış, her iki bölme elemanı yüksekliği için, iç yüzeylerin değişik

yutuculuk durumlarında (Çizelge 2, Çizelge 3) gürültüye, konuşmanın anlaşılabilirliğine ve konuşma gizliliğine ilişkin parametreler değerlendirilmiştir. İncelemede önce hacim mevcut durumuyla ele alınmış, ardından değişik yüzeylerin yutuculuğu artırılmış, diğer yüzeyler sabit tutulmuştur. Söz konusu parametreleri belirlemeye yönelik tüm hesaplar Odeon 8.0 simülasyon programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hesaplarda hacmin ortalarında bulunan bir alıcı noktası ve on iki kaynak noktası değerlendirmeye alınmıştır. Söz konusu referans noktalar ile, hacimdeki ses kaynaklarından enerjinin yayılımını örneklemek amacıyla belli bir zamandan alınan kesit, Şekil 4'te yer almaktadır. Kaynak tipi olarak, 1 m'de yaklaşık 70 dB ses düzeyi oluşturan ve frekansa göre enerji dağılımı insan sesine en yakın özelliklerde olan "BB93_NORMAL.SO8" tip kaynak alınmıştır.



Şekil 4. Odeon programından hacimde sesin yayılımı ile ilgili görüntü

Çizelge 2. Nesnelere ve yüzeylerin ses yutma çarpanı değerleri [7]

Yapı bölümü	Gereç	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Pencere	Pencere çift cam 10 mm boşluklu	0,02	0,02	0,06	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Duvar	Sıva üz. alçı ve boya	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Duvar	Cam yünü esaslı duvar paneli	0,20	0,24	0,35	0,63	0,88	0,91	0,92	0,91
Masa	Ahşap masa	0,18	0,23	0,25	0,21	0,24	0,28	0,28	0,29
Oturma	Koltuk	0,14	0,17	0,39	0,40	0,39	0,33	0,30	0,29
Kullanıcı	İnsan	0,15	0,17	0,22	0,26	0,30	0,33	0,36	0,35
Bölme elm.	Delikli alüm.+cam (mevcut durum)	0,02	0,10	0,22	0,30	0,34	0,37	0,40	0,43
Bölme elm.	Cam yünü esaslı bölücü eleman	0,10	0,41	0,66	0,91	0,92	0,94	0,92	0,92
Tavan	Alçıpan levha	0,15	0,12	0,1	0,05	0,04	0,07	0,09	0,09
Tavan	Taş yünü esaslı tavan levhası	0,72	0,76	0,78	0,87	0,91	0,92	0,91	0,92
Zemin	Seramik döşeme	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Zemin	Halı (altı keçeli)	0,01	0,01	0,24	0,57	0,89	0,71	0,79	0,79

Çizelge 3. İncelenen koşullar

KOŞUL	
Bölme elemanı -1.50 m-	Mevcut yutuculuk
	Duvarlar yutucu
	Bölme elemanı yutucu
	Tavan yutucu
	Tavan ve böl. el. yutucu
	Tüm yüzeyler yutucu
Bölme elemanı -1.70 m-	Mevcut yutuculuk
	Duvarlar yutucu
	Bölme elemanı yutucu
	Tavan yutucu
	Tavan ve böl. el. yutucu
	Tüm yüzeyler yutucu

Çizelge 4. Farklı koşullarda yapı elemanlarında kullanılan gereçler

Yapı Bölümü	Gereç	Mevcut durum	Duvar yutucu	Bölme elemanı yutucu	Tavan yutucu	Tavan – bölm. el. yutucu	Tüm yüzeyler yutucu
Pencere	10 mm boşluklu çift cam	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Duvar	Sıva üz. alçı ve boya	✓		✓	✓	✓	
Duvar	Cam yünü esaslı duvar paneli		✓				✓
Bölme elem.	Delikli alü.+cam (mevcut durum)	✓	✓		✓		
Bölme elem.	Cam yünü esas. bölme elem.			✓		✓	✓
Tavan	Alçıpan levha	✓	✓	✓			
Tavan	Taş yünü esas. tavan levhası				✓	✓	✓
Zemin	Seramik döşeme	✓	✓	✓	✓	✓	
Zemin	Altı keçeli halı						✓

Çizelge 4'te yer alan koşullar için, Odeon simülasyon programından yararlanılarak elde edilen sonuçlar, gürültü düzeyi ve yansıma süresi başlıkları altında, aşağıda yer alan bölümlerde ele alınmış ve değerlendirilmiştir. Ayrıca açık planlı bürolar için Cavanaugh'un geliştirdiği "konuşma gizliliği tesbiti" yöntemi [11] kullanılarak, değişik koşullarda, konuşma gizliliği açısından kullanıcıların hoşnutluk durumu belirlenmiştir.

Gürültü düzeyi

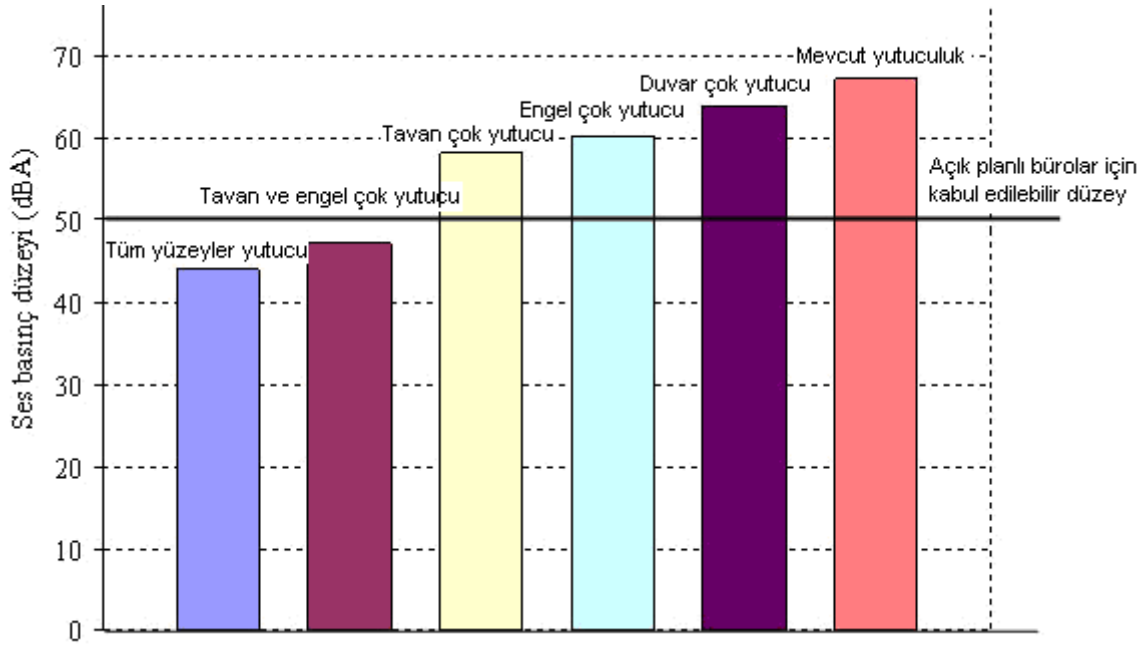
Hacimde fon gürültüsünün azaltılması amacıyla değişik adımlarla oluşturulan

önlemlerle, örnek alıcı noktasında hesaplanan toplam ve frekansa göre gürültü düzeyleri Çizelge 5'te yer almaktadır. Mevcut durum için hesap yoluyla belirlenen sonuçların, Çizelge 1'de yer alan ölçme sonuçlarından belli oranda ayırım göstermesi, ölçmelerin, büronun tam kapasite ile kullanımı sırasında gerçekleştirilememesi nedeniyledir.

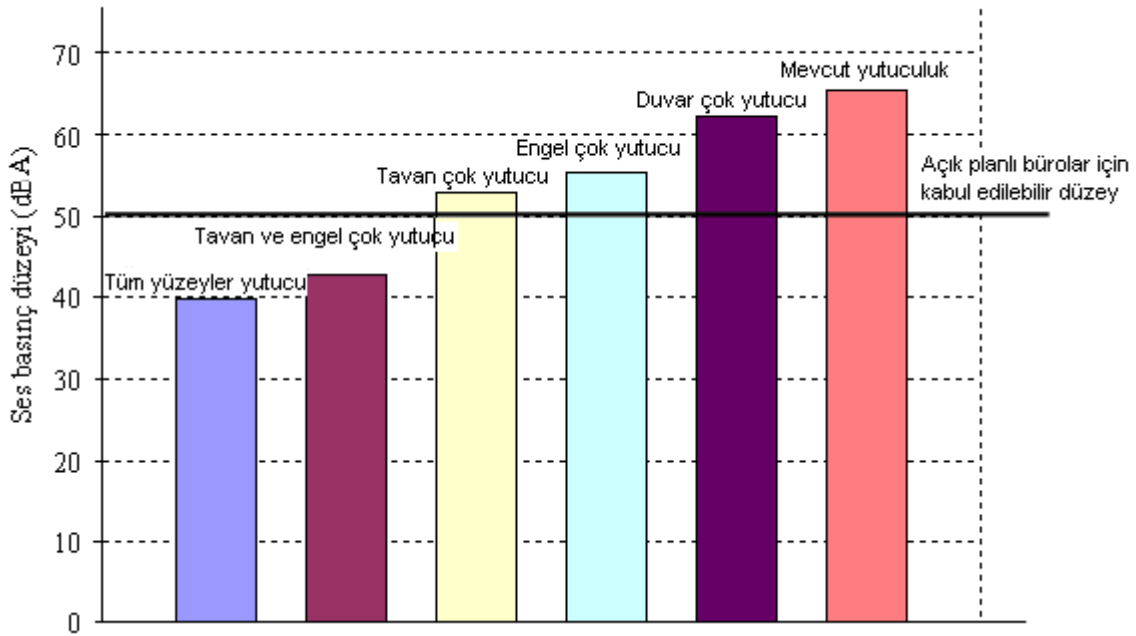
Şekil 5 ve Şekil 6'da ise, hacmin değişik ses yutuculuk durumlarında ve iki ayrı bölücü eleman (engel) yüksekliğinde oluşan gürültü düzeylerinin kabul edilebilir düzeylerle karşılaştırılması görülmektedir.

Çizelge 5. Farklı koşullarda frekansa bağlı gürültü düzeyi sonuçları

KOŞUL		Gürültü Düzeyi (dB)								
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	LAeq
Bölme elemanı -1.50 m-	Mevcut durum	70,3	69,3	69,7	68,3	67,8	66,0	64,9	63,9	67,2
	Duvar yutucu	65,9	65,2	64,6	63,9	63,6	61,9	60,8	59,8	63,8
	Engel yutucu	63,4	62,3	63,1	61,6	60,1	61,4	57,2	56,3	60,1
	Tavan yutucu	60,9	60,3	59,9	58,5	58,1	55,7	56,9	54,8	58,12
	Tavan ve engel yutucu	50,2	49,6	48,8	48,2	47,9	46,1	45,8	44,2	47,1
	Tüm yüzeyler yutucu	47,2	46,6	45,8	44,9	43,3	43,2	42,1	41,3	44,1
Bölme elemanı -1.70 m-	Mevcut durum	69,5	68,7	67,9	66,3	65,1	65,3	64,2	63,3	65,5
	Duvar yutucu	65,1	64,7	63,7	63,1	62,8	60,1	59,9	59,5	62,1
	Engel yutucu	58,3	57,7	56,9	55,0	56,0	54,3	53,1	52,2	55,2
	Tavan yutucu	58,1	55,4	54,6	54,1	53,7	52,0	50,8	49,9	52,9
	Tavan ve engel yutucu	45,7	44,8	44,2	43,6	43,2	41,6	40,3	39,5	42,7
	Tüm yüzeyler yutucu	43,2	42,5	42,1	41,7	40,6	39,7	37,8	37,1	39,8
Kabul edilebilir gürültü düzeyi		65,0	58,0	53,0	50,0	47,0	43,0	40,0	38,0	50,0



Şekil 5. Bölme elemanının 1.50 m olması durumunda LAeq sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 6. Bölme elemanının 1.70 m olması durumunda LAeq sonuçları sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 5 ve Şekil 6'da görüldüğü gibi, bölücü elemanlar gerek 1.50 m. gerekse 1.70 m. iken mevcut durumda büro hacmindeki gürültü düzeyi yaklaşık 17 dBA kadar kabul edilebilir değerlerin üzerindedir. Mevcut durumda sırasıyla, duvarların, bölme elemanlarının ve tavanın çok yutucu olması koşullarında, kabul edilebilir gürültü düzeyi elde edilememiştir. Ancak her iki bölme elemanı yüksekliğinde de, hem tavanın, hem de bölme elemanlarının yutucu özellikte olmasının, kabul edilebilir gürültü düzeyi açısından yeterli olduğu görülmektedir. Frekansa göre gürültü düzeylerinin NCB eğrileri ile karşılaştırılması sonucunda ise (Çizelge 5) kabul edilebilir değerlerin, bölücü eleman 1.50 m. iken "tüm yüzeylerin yutucu" olması durumunda, bölücü eleman 1.70 m iken ise, "tavan ve bölücü elemanın çok yutucu" ve "tüm yüzeylerin yutucu" olması durumlarında sağlandığı görülmektedir.

Sonuç olarak; gerek toplam ses düzeyi, gerekse frekansa bağlı değerlendirmeler

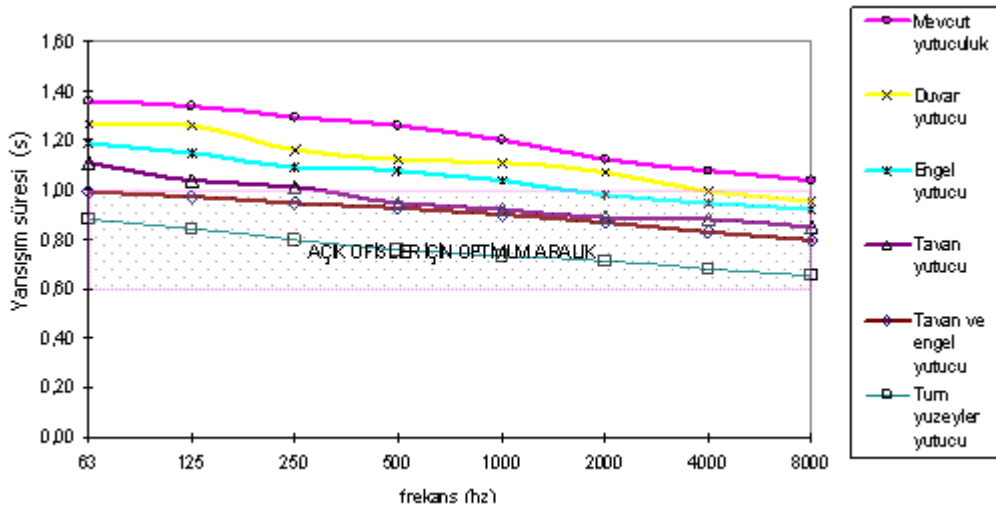
birlikte ele alındığında hacimde kabul edilebilir gürültü düzeyinin sağlandığı minimum koşulların;

- bölücü eleman 1.50 m. iken, tüm yüzeylerin çok yutucu,
- bölücü eleman 1.70 m. iken, tavan ve bölücü elemanın çok yutucu koşullar olduğu saptanmıştır.

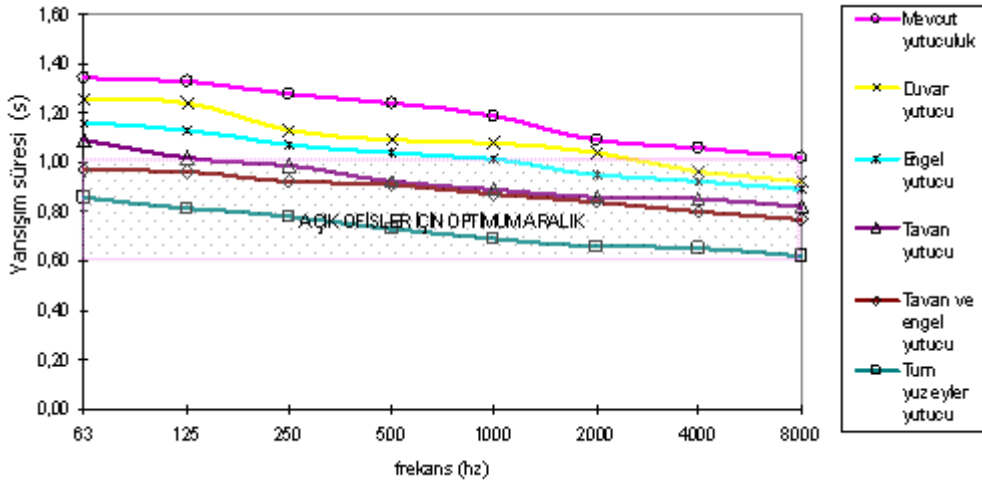
Yansıma süresi

Açık planlı bürolarda akustik konforu etkileyen bir diğer önemli etken, yansıma süresidir. Hacmin büyüklüğü ve toplam yutuculuğuna bağlı olan yansıma süresinin, açık planlı bürolarda 0,6 ile 1,00 saniye arasında olmasının uygun olduğu belirlenmiştir[3].

Hacimde, farklı koşullar için hesaplanan yansıma sürelerinin, optimum değerlerle karşılaştırılması Şekil 7 ve Şekil 8'de yer almaktadır.



Şekil 7. Bölme elemanının 1.50 m olması durumunda yansıma süreleri



Şekil 8. Bölme elemanının 1.70 m olması durumunda yansıma süreleri

Yapılan değerlendirmeler sonucunda, her iki bölme elemanı yüksekliğinde de, “tavan ve engel yutucu” ve “tüm yüzeyler yutucu” koşullarında optimum yansıma süresi değerlerinin sağlandığı görülmektedir.

Konuşma gizliliği

Açık planlı büro hacimlerinde konuşma gizliliğinin sağlanması önemli bir planlama sorunudur. Çünkü bu tür hacimlerde büro eylemlerinin tümü bir arada yapılır. Kimi zaman mesleki konuşmaların diğer kullanıcılar tarafından duyulması istenmez. Bu açıdan, tavan ve döşemede alınan önlemlerden çok, belli aralıklarla kullanılan bölme elemanlarının önemi büyüktür. Cavanaugh, bir bürodaki konuşma gizliliğinin, büronun fon gürültüsü ile konuşma düzeyinin değerlendirilerek belirlenebileceği bir yöntem ortaya koymuştur [11]. Bu yöntemde, aşağıdaki beş gruplandırma oluşturulmuştur.

1. **Ses kaynağı**-Büro hacminde konuşan kişilerin ses düzeyi belirtilmektedir.
2. **Gizlilik derecesi**-Yüksek gizliliğe 15, normal gizliliğe 9 puan verilmektedir.
3. **Kaynak-alıcı ilişkisi**-Tavan ve döşeme yüzeylerinin ses yansıtıcılık

özelliklerine ve kaynak-dinleyici arasındaki uzaklığa bağlı olarak bir katsayı belirlenmektedir.

4. **Bölme elemanı**- Bölme elemanı yüksekliği ve kaynak-dinleyici uzaklığına bağlı olarak bir katsayı belirlenmektedir.
5. **Hacimdeki fon gürültüsü düzeyi**-Hacimde ölçülen ya da tahmini fon gürültüsü düzeyi belirlenmektedir.

Sonuç olarak, 1. ve 2. adımda belirlenen değerlerin toplamından, 3. 4. ve 5. adımlarda belirlenen değerlerin toplamının çıkartılmasıyla (Kaynak etkinliği-Gürültü azalımı) elde edilen değer, ilgili skala yardımıyla değerlendirilerek, kullanıcının konuşma gizliliği açısından hoşnutluk durumu saptanmaktadır. Buna göre 0'ın altındaki değerler “hoşnutluk”, 0'ın üstündeki değerler ise “hoşnutsuzluk” olarak belirlenmektedir. Değerlendirmeye alınan büro yapısında da, değişik koşullar için konuşma gizliliği açısından hoşnutluk durumu belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 6'da sunulmuştur. Şekil 9'da, yönteme ilişkin bir örnek olarak, büro hacminin mevcut durumunda konuşma gizliliğinin belirlenmesine ilişkin oluşturulan tablo yer almaktadır.

Kaynak etkinliği	Ses kaynağı		bağırma	yüksek	karşılıklı	alçak	60	75		
	Mahremiyet derecesi		güvenilir		tipik		15			
Gürültü azaltımı	Kaynak-alıcı	Hacim malzeme özel.		uzaklık				9	73	
		tavan	döşeme	0,91	1,82	3,65	7,31			14,63
		yansıtıcı	yansıtıcı	0	3	6	9			12
		yansıtıcı	yutucu	0	4	8	12			15
		yutucu	yansıtıcı	0	5	15	15			20
		yutucu	yutucu	0	6	18	18			24
	Bölme elemanı	Bölme elem. yüksekliği		uzaklık				9		
				0,91	1,82	3,65	7,31			14,63
		0,30		0	3	6	9			12
		0,60		0	4	8	12			15
		0,90		0	5	15	15			20
		1,20		0	6	18	18			24
	engel yok		0	0	0	0	0			
	Fon gürültüsü düzeyi	Ölçülen ya da tahmini dBA		Çok sessiz	sessiz	ortalama	gürültülü	55		
				25-35	35-45	45-55	55-60			
Kullanıcı tepkisi	-5		0	5	10	15	20	2		
	hoşnutluk		hoşnutsuzluk							

Şekil 9. Büro hacminde bölme elemanı 1.50 m. ve mevcut yutuculuk durumunda, Cavanaugh metoduyla konuşma gizliliğinin belirlenmesi

Çizelge 6. Farklı koşullarda SPI sonuçları*

KOŞUL	SPI (konuşma gizliliği indeksi)	
	Bölme el. 1.50 m	Bölme el. 1.70 m
Mevcut durum	2	-1
Duvar yutucu	2	-1
Bölme elemanı yutucu	2	-1
Tavan yutucu	-4	-7
Tavan ve bölme elm. yutucu	-4	-7
Tüm yüzeyler yutucu	-7	-10

Çizelge 6'da görüldüğü gibi, bölme elemanı yüksekliğinin 1.70 m. olması durumunda "tüm koşullarda", bölme elemanı yüksekliğinin 1.50 m. olması durumunda da, "tavan yutucu", "tavan ve bölme elemanı yutucu" ve "tüm yüzeyler yutucu" olma durumlarında konuşma gizliliği açısından kullanıcı hoşnutluğunu sağlayan değerlere ulaşılmıştır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Çizelge 7'de, büro hacmi için farklı koşullara göre yapılan değerlendirme sonuçları toplu olarak yer almaktadır. Görüldüğü gibi; büro hacmi için optimum durumlar, bölücü eleman yüksekliği 1.50 m. iken "tüm yüzeylerin yutucu" olması ve bölücü eleman yüksekliği 1.70 m. iken "tavan ve bölme elemanı yutucu" ve "tüm yüzeylerin yutucu" olması durumları için elde edilmektedir.

*Gri alanlar uygun koşulları belirtmektedir.

Çizelge 7. Tüm parametreler için en uygun durumun belirlenmesi

KOŞUL		Yansıma Süresi (s)	Gürültü Düzeyi (dBA) -toplam-	Gürültü Düzeyi (dB) -frekansa göre-	Konuşma Gizliliği
Bölme elemanı 1.50 m	Mevcut yutuculuk	—	—	—	—
	Duvarlar çok yutucu	—	—	—	—
	Bölme elemanı çok yutucu	—	—	—	—
	Tavan çok yutucu	+	—	—	+
	Tav. ve böl. elm. çok yutucu	+	+	—	+
	Tüm yüzeyler çok yutucu	+	+	+	+
Bölme elemanı 1.70 m	Mevcut yutuculuk	—	—	—	+
	Duvarlar çok yutucu	—	—	—	+
	Bölme elemanı çok yutucu	—	—	—	+
	Tavan çok yutucu	+	—	—	+
	Tav. ve böl. elm. çok yutucu	+	+	+	+
	Tüm yüzeyler çok yutucu	+	+	+	+

Bu çalışmada, açık planlı büro yapılarında işitsel konfor koşulları ve bu koşulların oluşmasında önem taşıyan etkenler bir örnek üzerinde incelenmiştir. Bu etkenler doğrultusunda, incelemeye alınan hacimde, işitsel konforun sağlanabilmesinde iç yüzey gereçlerinin ve bölme elemanlarının önemi somut bir biçimde ortaya konmuştur. Gerçekleştirilen çalışmalar değerlendirildiğinde,

- açık planlı büro hacimlerinde kabul edilebilir gürültü düzeyinin sağlanmasında öncelikle tavan ve bölücü elemanların ses yutuculuklarının artırılması gerektiği,
- döşeme yutuculuğunun artırılmasının hacmin toplam yutuculuğuna katkı sağladığı, ancak tek başına işitsel konforun sağlanması için yeterli olmadığı,
- hacim içinde çalışan kişi sayısının ve bu kişilerin birbiriyle etkileşiminde dikkatli

davranmalarının gürültünün oluşmaması açısından önemli olduğu,

- hacmin tefrişinde, kullanıcıların birbirlerinin seslerinden olabildiğince az etkilenmelerini sağlayacak düzenlerin kurulmaya çalışılmasının gerektiği,
- etkin bölme elemanı yüksekliğinin ve yüzey ses yutma özelliklerinin, konuşma gizliliğinin yanı sıra, hacimdeki fon gürültüsünün azaltılması açısından da önemli olduğu,

belirlenmiştir.

Mekanın ses ile ilişkisi insan yaşamının kalitesi adına gündemde tutulması gereken bir konudur. Bu bağlamda, akustik konfor koşullarının sağlanması, üzerinde önemle durulması gereken bir tasarım etkenidir. Günümüzün ve geleceğin mimarları, tasarımlarında ses denetimi amacıyla kullanılan yapı malzemelerinin etkinliklerini bildikleri ve uyguladıkları ölçüde, ortaya çıkan mekanlar daha nitelikli olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Keränen, J., (2002), Finnish Institute of Occupational Health Laboratory Acoustics in Open-Plan Offices – A Laboratory Study Finland.
2. Jensen, K.L., Arens, E. and Zagreus, L., (2005), Acoustical Quality in Office Workstations, As Assessed by Occupant Surveys, Center for the Built Environment, University of California Berkeley, USA.
3. Bradley, J.S., (2002), Prediction of the Speech Intelligibility Index behind a Single Screen in an Open-plan office, NRCC-44286.
4. Acar, B., (2007), "Açık Planlı Büro Yapılarında İşitsel Konforun Sağlanmasına Yönelik Yaklaşım Örnekleri", YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği Programı, İstanbul.
5. Emiroğlu, E., (1986), "Büro Binalarında, Büro Mekânı Türleri", Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, 42-46
6. Erentok, M., (1991), "A'dan Z'ye açık ofis", Arredamento Dekorasyon, Ofis'91 Dergisi, 16-22
7. Anon., Odeon User Manual, (2006).
8. Anon., TS 9315/ISO 1996-1, Akustik-Çevre Gürültüsünün Belirlenmesi ve Ölçümü Kısım 1- Temel Büyüklükler ve İşlemler.
9. Anon., Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2005, Ankara.
10. Maekawa, Z., Lord, P., (1994), Environmental and Architectural Acoustics, E & FN SPON, London, 377 pp.
11. Cavanaugh, W. J., Wilkes, J. A., (1999) Architectural Acoustics, INC., Canada.