

TEKNOLOJİ OFİSLERİNDE AKUSTİK KONFOR: BASF TÜRKİYE OFİSİ ÖRNEĞİ

Zühre Sü Gül¹, Özgün Sinal², Erinc Odabaş³

¹Bilkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Tel: 312 290 18 17, e-posta: zuhre@bilkent.edu.tr

²MEZZO Stüdyo Ltd, Ankara, Türkiye

Tel: 312 210 18 25 e-posta: ozgun@mezzostudio.com

³MEZZO Stüdyo Ltd, İstanbul, Türkiye

Tel: 216 330 11 88 e-posta: erinc@mezzostudio.com

ÖZET

Açık ofislerde gürültü kontrolü, aydınlatma ve havalandırma gibi önemli fiziksel konfor parametrelerinden biridir. Son dönem teknoloji ofislerinde açık ofislerle kapalı alanların karma kullanımı çalışanlara farklı akustik kalitelerde çalışma ortamı sunmaktadır. Bu çalışma kapsamında örnek olarak seçilen BASF Türkiye ofisinde akustik konforu sağlamak üzere izlenen tasarım yöntem ve çözümleri sunulmaktadır. Süreçte uluslararası standartlar ve LEED yeşil bina sertifikasyon kriterleri dikkate alınmıştır. Bu kapsamda açık ofisler, yönetici ofisleri, bireysel kabinler, toplantı odaları, kafeterya gibi sese duyarlı veya ses üretilen mahallerde çınlama kontrolü, ses yalıtımlı yapı elemanları kesit ve detay çözümleri yanı sıra HVAC kaynaklı arka plan gürültüsü kontrolü çalışmaları yürütülmüştür. Projede belirli alanlarda kullanılmak üzere geliştirilen özel ses saçıcı paneller ve ses yutucu bulutların etkinliği uygulama sonrası akustik testlerle denetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Açık ofis, akustik konfor, gürültü kontrolü, ses saçıcı ve yutucu sistem

ACOUSTICAL COMFORT IN TECHNOLOGY OFFICES: THE CASE OF BASF TURK OFFICE

ABSTRACT

Noise control in open plan offices as a comfort parameter is as important as other environmental aspects like lighting and air conditioning. In recent years the mix use of open plan areas together with enclosed zones provide multiple environments with different acoustical qualities. Within the context of this study, BASF Turk office is selected as a case in presenting the methodologies and solutions to provide acoustical comfort levels in such technology offices. During the acoustical design process, international standards and LEED green building criteria are applied. Noise sensitive or noise-source spaces such as open plan offices, executive offices, individual booths, meeting rooms, cafeteria are studied for reverberation control, for developing the sound isolated building elements and details as well as for control of HVAC originated background noise levels. Effectiveness of designed distinctive sound scatterers and sound absorptive baffles for application in specialty spaces of the BASF office is tested through field measurements upon completion of the construction.

Keywords: Open plan office, acoustic comfort, noise control, sound scatterer and absorber

1. GİRİŞ

Açık ofisler tek tip kapalı bireysel ofis ortamlarından farklı olarak pek çok çalışanın bir arada çoğunlukla tek bir mekânda üretim yapmasını gerektiren yeni nesil çalışma mekanlarıdır. İş verimliliğini etkileyen fiziksel parametreler arasında aydınlatma ve renk kullanımı, hava kalitesi, ısıtma-soğutma yanı sıra akustik konfor yer alır [1]. Açık ofislerde akustik konforu sağlamaya yönelik tasarım süreci hacim akustiği, yapı akustiği ve mekanik gürültü kontrolü gibi pek çok başlıkta ele alınır. Son dönemlerde teknoloji ofisleri olarak da adlandırılan insan merkezli veya biyofilik tasarım yaklaşımında açık ofis sınırlarında farklı ihtiyaçlara yönelik akustik çeşitliliği sağlayabilen örnek projeler üretilmiştir.

İstanbul'da yer alan dünya kimya endüstrisinin önde gelen kuruluşlarından BASF'ın Türkiye Ofisi bu kapsamda tüm akustik tasarım ve uygulama süreciyle bu çalışmada ele alınmaktadır. Mimaristudio tarafından tasarlanan ve 2017 yılında açılan ofis toplamda 2500 m²'lik bir kullanım alanı ile iki kata dağıtılmış pek çok farklı nitelikte fonksiyonel ünitelerden oluşmaktadır. Farklı üniteler toplantı odaları, mutfak vb. akustik izolasyon gerektiren kapalı mahalleri de içermekle beraber çoğunlukla açık ofis alanında özelleşmiş bölümlerden oluşur. Bu bölümler birbirinden üstü açık bölücüler veya özel tasarım dekoratif elemanlar, eşyalar ile sınırları hem fiziksel hem de akustik açıdan tanımlanmış toplu veya bireysel kullanım alanlarından oluşur (Şekil 1).



Şekil 1. BASF Türkiye ofisi iç görseller (<http://www.mimaristudio.com/portfolio/>)

Tasarımcı, projede tüm kademedeki çalışanların sosyalleşerek etkileşim içinde çalışmalarını ve ofiste oldukları sürece hem fiziksel hem de zihinsel olarak kendilerini iyi hissedebilecekleri bir ortamda bulunmalarını hedeflemiştir. Bu doğrultuda çevreci ve sürdürülebilir tasarım kriterlerini bütünleştirilerek, firmanın kurumsal renklerinin hâkimiyetindeki dinamik bir ofis tasarımını gerçekleştirmiştir [2]. Projenin akustik tasarımı Mezzo Stüdyo ile koordineli olarak yürütülmüş, süreç içerisinde farklı akustik ürünler geliştirilmiş ve uygulama sonucu etkinlikleri saha ölçümleri ile denetlenmiştir.

Bu çalışmada öncelikle akustik saçıcı ve ses yutucu ürün/sistemlerin tasarım da kullanım gerekliliklerinin ele alındığı akustik parametrelerin değerlendirildiği hacim akustiği çalışmaları sunulmaktadır. Yapı akustiği tasarım süreci birbirinden partiyonlarla tamamen ayrılmış akustik açıdan izole mahallerde bölme duvar kesitleri ses yalıtım benzetimleri ile akustik detayları konu alır. Son olarak, mekanik gürültü kontrolü özellikle hava kalitesi ve ısıtma/soğutma için yararlanılan FCU (fan coil unit) sistemler kaynaklı sürekli gürültünün azaltımına yönelik tedbirleri ele alır.

2. HACİM AKUSTİĞİ TASARIM SÜRECİ

Hacim akustiği tasarım sürecinde BASF Türkiye ofis projesinde akustik simülasyon veya analitik hesapları yürütülen mahaller arasında her biri yaklaşık 5000 m³ akustik etkileşimli hacme sahip 2. ve 3. kat açık ofis alanları, eğitim odası, rekreasyon odası, konferans odası, 4-6-8-10 kişilik toplantı odaları, bireysel dinlenme odaları ve kafeterya yer almaktadır. İlgili mahaller için uygulanan akustik tasarım kriterleri limit değerleri Tablo 1’de sunulmaktadır. Proje sürecinde farklı uluslararası kriter değerler ele alınmış [3] son olarak LEED [4] kriterlerinin belirli başlıklarda dikkate alınmasına karar verilmiştir. Tablo 1’de görüleceği üzere büyük ve küçük hacimler için referans parametre olarak çınlama süresinin optimizasyonu önceliklidir. Kapalı hacimlerde ayrıca Konuşmanın İletimi İndisi (STI) ORTA mertebede değerlendirmeye alınmıştır. Daha yüksek STI değeri açık ofislerde önemli bir başka nesnel parametre olarak konuşmanın gizliliği indisi ile (PI) ters düşmektedir. LEED kriterinde sağlanması zorunlu bir metrik olarak PI değerini yüksek tutarken eşzamanlı çınlama sürelerini sağlayabilmek açık ofislerde birbirine zıt mimari tasarım girdileri gerektirmektedir. Bitirme malzemelerine müdahale etmeden yüksek gizlilik tam bölüntüsüz hacimlerde ancak elektronik maskeleme ile mümkün olabilir. Bu projede böyle bir çözüm işveren ekip tarafından tercih edilmemiş onun yerine tasarımcı gizlilik gerektiren konuşmalara ortam sağlayacak bireysel kabinler, dinlenme odaları veya 2-4 kişilik toplantı odalarını bu amaçla tasarım listesine dâhil etmiştir.

Tablo 1. Akustik kriterlerin hacim ve fonksiyona göre referans aralıkları

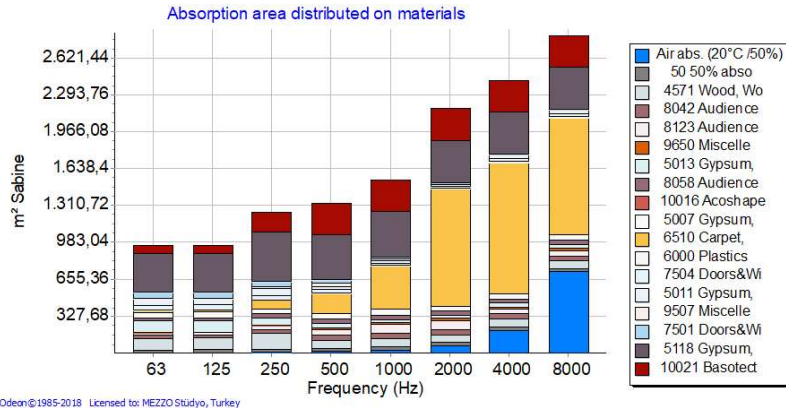
Parametre /Mahal	Hacim	Öneri Aralık
2. ve 3. kat açık ofis alanları		
(Orta frekans ortalaması, 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz) Çınlama Süresi, T30	~5000 m ³	<0.80 s [4]
Konuşmanın İletimi İndisi (STI)	~5000 m ³	0.45-0.60
Mahal	Hacim	Öneri Aralık
Çalışma Odası	~ 150 m ³	<0.60 s [4]
Rekreasyon Alanı	~ 660 m ³	<1.00 s
Konferans Odası	~ 249 m ³	<0.60 s [4]
Toplantı Odası (#10-12)	~ 87 m ³	<0.60 s
Toplantı Odası (#6-8)	~ 64 m ³	<0.55 s
Toplantı Odası (#4)	~ 36 m ³	<0.50 s
Dinlenme Odası (7 m ²)	~ 23 m ³	<0.45 s
Dinlenme Odası (4 m ²)	~ 12 m ³	<0.40 s
Kafeterya	~ 645 m ³	<1.00 s

2.1. Akustik benzetimler

Akustik parametre referans aralıkları önceki başlıklarda sıralanan mahallerin akustik benzetimleri ve analitik hesaplarında yararlanılan malzemelerin ses yutma katsayıları Tablo 2’de sunulmaktadır [5]. Akustik benzetimleri gerçekleştirilen görece büyük hacimler olarak açık ofislerden 3. kat açık ofis alanı benzetimleri örnek olarak seçilmiştir. Öncelikle mekânın üç boyutlu akustik modeli tasarım ekibinde gelen mimari projeye uyumlu olarak oluşturulmuş ve 6867 yüzeyden oluşan modelin, ODEON Oda Akustiği (v.14.02) yazılımı aracılığı ile bir dizi simülasyonu yürütülmüştür. Optimizasyon sürecinde akustik model pek çok kez güncellenmiş, malzeme konum, form alan ve alternatif tipleri yenilenmiştir. Şekil 2’de final tasarımda uygulanan malzemelerin ses yutma alanı (frekansa göre ses yutma katsayısı*alanı) yüksek olanların Sabine değerleri sunulmaktadır. Final tasarıma ait son simülasyonun iç görsellerine Şekil 3 ve 4’te yer verilmektedir.

Tablo 2. Benzetimlerde kullanılan malzeme listesi, konumları ve oktav bandı merkez frekanslarında ses yutma katsayıları

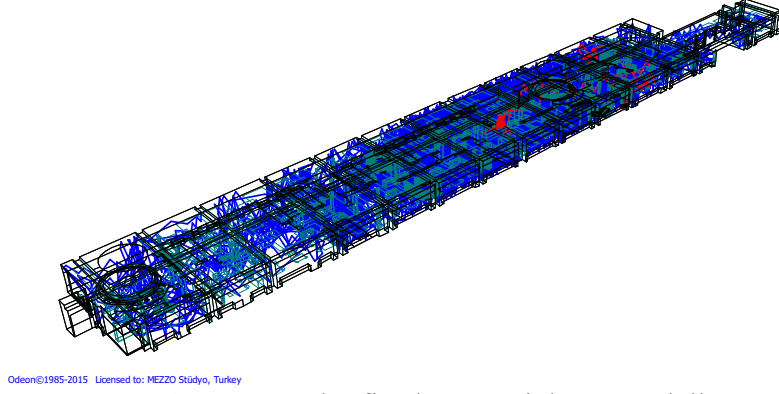
Malzeme Konumu	Malzeme No / Açılımı	Oktav Bandı Merkez Frekansları (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
Tavan yüzeyleri	4571/ Konstrüksiyon üzeri ahşap panel	0.15	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10
	5011/ 12.5mm alçı panel arkasında 100mm boşluk	0.08	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03
	5118/ 12.5mm kalınlıkta dairesel delikli perfore alçı panel, 12mm delik çapı, 25mm delikler arası mesafe, 18.1% perforasyon oranı, arkada 400mm boşluk içerisinde 50 kg/m ³ taşıyıcı	0.55	0.70	0.65	0.65	0.60	0.60
	9507/ Deliksiz Barrisol	0.03	0.05	0.08	0.05	0.05	0.10
	10021/ 60mm kalınlığında Basotect melamin köpük	0.25	0.65	1.00	1.00	1.00	1.00
Yer Yüzeyleri	6510/ 5 mm hav kalınlığında halı	0.01	0.05	0.12	0.26	0.68	0.76
	6000/ Linolyum, esnek karo yer üstü zemin kaplaması (epoksi benzeri)	0,02	0,04	0,05	0,05	0,10	0,05
Duvar Yüzeyleri	5013/ Çelik konst. üzeri 2x12.5mm alçı panel, arkasında 50 mm 70kg/m ³ taşıyıcı	0.15	0.10	0.06	0.04	0.04	0.05
Kolon, Kiriş Yüzeyleri	5007/ Boyalı beton	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Cephe	7504/ Çift cam arasında en az 10mm hava boşluğu	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02
Kapılar	7501/ Ahşap kapı	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10
Masa ve Dolaplar	8123/ Ahşap masa, mobilya	0.02	0.03	0.05	0.03	0.02	0.02
Koltuklar	8042/ Orta yoğunlukta döşemeli koltuk	0.35	0.45	0.57	0.61	0.59	0.55
	8058/ Ofis sandalyesi	0.40	0.50	0.58	0.61	0.58	0.50
Saksı çiçek ve bitkiler	9650/ Bitki	0.11	0.26	0.60	0.69	0.92	0.99
Toplanma noktası ve büfe alanı	10016/ Acoshape Bonitos	0.13	0.35	0.64	0.71	0.73	0.67



Şekil 2. 3.kat ofis alanında bitirme malzemeleri oktav bantlarda eşdeğer ses yutma alanları

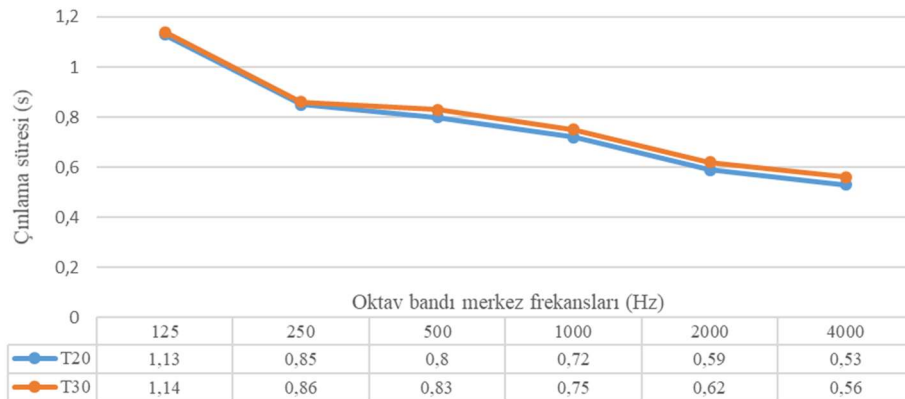


Şekil 3. 3. Kat açık ofis alanı iç görselleri, kuşbaşı görünüş (üstte), iç perspektifler (altta)

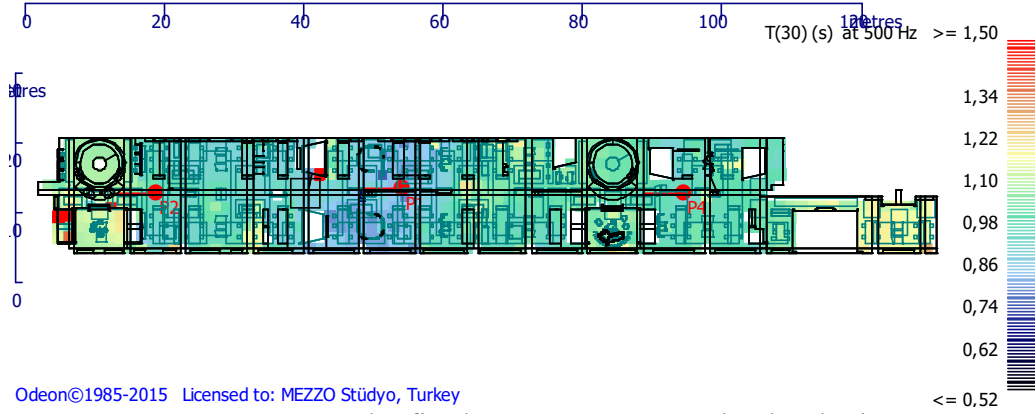


Şekil 4. 3. Kat açık ofis alanı ışın izleme modeli

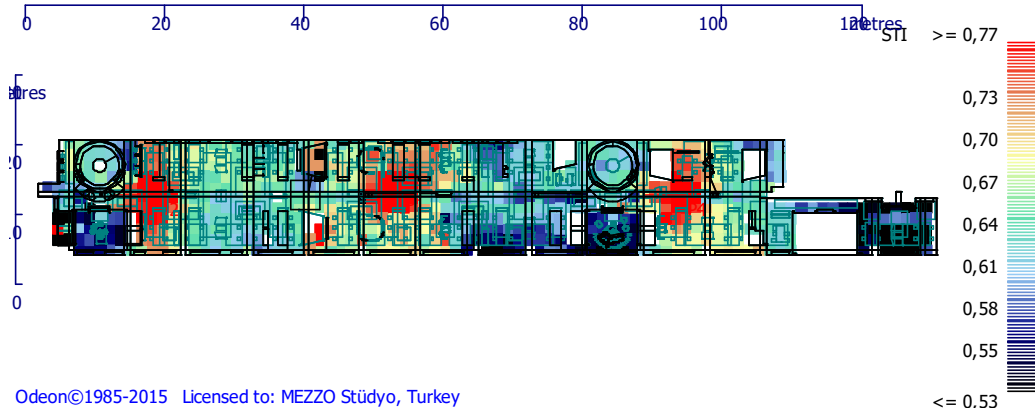
Örnek açık ofis alanında uygulanan malzemelerle elde edilen oktav bantlarda global çınlama süresi değerleri (T20 ve T30) Şekil 4'te, 500 Hz'teki çınlama süresi (T30) ve konuşmanın iletimi indisi (STI) dağılım haritaları ise kullanıcı alanları için sırasıyla Şekil 5 ve 6'da sunulmaktadır. Buna göre T30 değerlerinin kullanım alanında ortalamaları düşük frekanslarda kullanım alanında sırasıyla 125 Hz ve 250 Hz için 1.14 s ve 0.88 s olarak hesaplanmıştır. 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz T30 değerleri ise sırasıyla 0.85 s, 0.77 s, 0.64 s olduğu gözlenmektedir. Benzetimlerde elde edilen global çınlama süreleri orta frekanslarda ortalama değeri ise 0.75s'dir. Tüm bu değerler Tablo 1'de açık ofisler için belirtilen kriter değer aralıkları ile uyumludur. Diğer yandan, STI parametresi %50 kullanıcı alanında 0.55 değeriyle ORTA derecede konuşmanın anlaşılabilirliğini ifade etmektedir.



Şekil 4. 3. Kat açık ofis alanı oktav bantlarda global çınlama süresi değerleri (T20 ve T30)



Şekil 5. 3. Kat açık ofis alanı 500 Hz'te T30 dağılım haritası

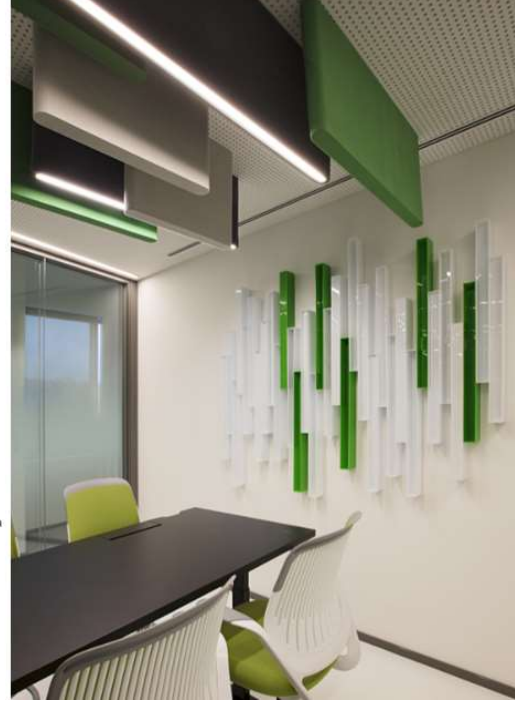
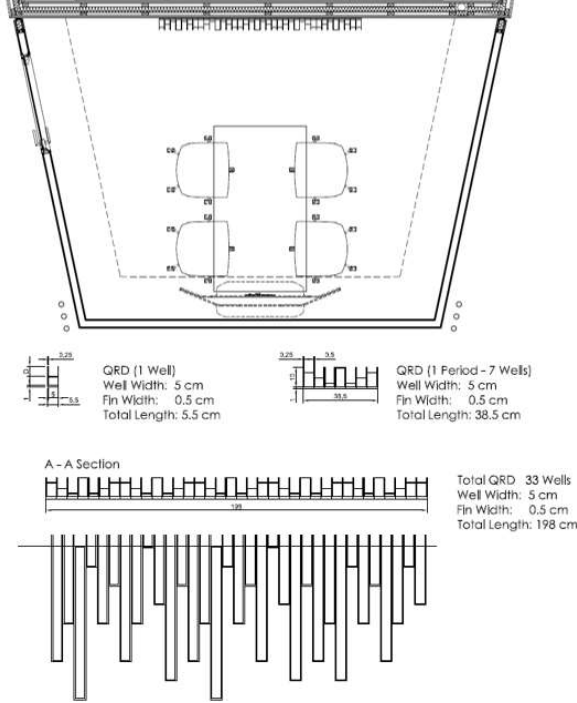


Şekil 6. 3. Kat açık ofis alanı STI dağılım haritası

2.2. Akustik ses yutucu ve saçıcı sistem tasarımı

BASF teknoloji ofis alanında uygulanan malzemeler ve optimizasyon süreci sonrası elde edilen akustik parametre değerleri bir önceki başlıkta sunulmuştur. Özetle, çınılama süresi kontrolünde etkin olan uygulamalar, asma tavan yüzeyinde bölgesel olarak kullanılan frekansa göre farklı nitelik taşıyan ses yutucu sistemler olarak perfore alçı paneller, galvanize metal arkası melamin köpük ve gergi tavan yüzeyler olarak sıralanabilir. Bu malzeme çeşitliliği açık ofis alanları iç mekân akustiğinde eşdeğer ses dağılımı elde edebilmek ve frekans bazında seçiciliğe engel olmakta faydalı olmuştur. Bölgesel tedbirlere ek olarak merdiven boşluğu ve dinlenme alanları üzeri uygulanan düşük frekanslarda etkin akustik bulutlar ile bireysel dinlenme kabinleri gibi pek çok farklı dekoratif ve iç mimari öge estetik, yanı sıra akustik konforu sağlamaya yönelik çalışma ve dinlenme alanlarını yaratmaya katkı sağlamıştır (Şekil 1). Açık ofislerden ayrı olarak ele alınan ve akustik izolasyon gerektiren, konuşmanın gizliliğinin nispeten daha ön planda olduğu 2-4-6-8 kişilik toplantı odaları ve dinlenme odaları cam veya alçı panel bölme duvar sistemleri ile açık ofislerden ayrıştırılmıştır. Bu küçük odalar büyük hacimlere nazaran oda mod/rezonanslarının oluşabileceği ve sadece ses yutucu malzemelerle rahatsız edici rezonansların önlenemeyeceği mahallerdir. Çoğunluğunda bir veya iki duvarın cam bölücü sistemlerden oluştuğu bu odalarda tavanlarda ses yutucu asma tavan sistemlerine ek olarak, akustik asimetriyi sağlamak üzere mimari tasarım ekibinin geliştirdiği ses yutucu armatürler ve cam bölmelerin karşı duvarlarında, akustik tasarımı ve analizleri Mezzo Stüdyo tarafından yürütülen ve daha önce faydalı model belgesi alınmış, akrilik PVC'den üretilmiş QRD saçıcı sistemi, Mimaristudio'nun önerisi ile tasarım bütünlüğüne uyarlanmıştır (Şekil 7). Mimari tasarım gereksinimleri sebebi ile saçıcının derinliği 10cm olarak belirlenmiş olup, buna karşılık gelen tasarım frekansı 1700 Hz mertebesinde olup saçıcılık etkinlik aralığı ~850 Hz ile >6000

Hz arası olarak tanımlanmaktadır. Bu sayede, bu küçük odalarda nispeten kolaylıkla çözülebilen çınlama kontrolüne ek olarak seçilebilen oda modlarını en aza indirmek ve konuşma frekanslarında karşılıklı paralel yansıtıcı duvarlar kaynaklı eko veya süregiden eko benzeri akustik marazları engellemek üzere akustik saçınım ve asimetri sağlanmıştır.



Şekil 7. BASF Teknoloji ofisi akustik ses saçıcı sistemler, örnek 4 kişilik toplantı odası planı iç mekân görseli, QRD kesit ve cephe görünüşleri

2. YAPI AKUSTİĞİ TASARIM SÜRECİ

BASF Türkiye Ofis projesinde yapı akustiği tasarım sürecinde öncelikle kullanılması öngörülen duvar tiplerinin hava doğuşumlu ses yalıtım karakteristiklerinin değerlendirmeleri yürütülmüştür. Güncel duvar planları ve duvar tiplerinin kesit açılımları komşuluklara göre kriter değerler göz önüne alınarak incelenmiştir. Kriteri sağlamayan duvar tipleri için alternatif çözümler sunulmuştur. Kriter değerler [4, 6] farklı komşuluklara göre Tablo 3'te sunulmaktadır. Yatayda komşuluğu bulunan mahalleri ayıran duvarların sahip olması gereken en düşük hava doğuşumlu ses yalıtım indisi değerleri STC cinsinden INSUL v.7.0144 programıyla hesaplanmıştır. Son tasarımda toplam on bir çeşit ses yalıtımlı duvar tipi geliştirilmiştir. Kullanılan duvar tiplerinden örnek üç tanesi Tablo 4'te sunulmaktadır.

Duvar tipleri ses yalıtım analizlerinde kesit katman kalınlıkları ile yapılan hesaplamalar ideal değeri verir. Gerçek performans uygulamadaki ses sızdırmazlığına, boşluklara ve tüm kaçak patikaların tüm duvar yüzey alanına oranına bağlı olarak hesaplanan değerin rahatlıkla 15-20 dB altına düşebilir. Bu sebeple kesit açılım analizleri kadar ses yalıtım/izolasyon detayları ve geliştirilen detayların uygulamada doğruluğu/kontrolü de önemlidir. Bu proje kapsamında duvar tiplerine uygun olarak döşeme-duvar-tavan bağlantı detayları, yalıtımlı asma tavan detayları, kablo-kanal geçiş detayları gibi pek çok nokta detay üretilmiş ve tasarım ekibi ile koordineli projeye işlenmiştir.

Tablo 3. Komşuluklara göre duvar tipleri ses yalıtım sınıfı kriter değerleri

Mahal	Komşuluk	Kriter
Toplantı Odası / konferans odası	Toplantı odası / konferans odası / açık ofis	STC 60
Toplantı Odası / konferans odası	Mutfak	STC 65
WC	Koridor	STC 55
WC	WC	STC 50
WC (iç bölme)	WC (iç bölme)	STC 45
Toplantı odası	WC	STC 65
Dinlenme odası / mutfak	Açık ofis	STC 55
Coffee station / mail odası	Açık ofis / toplanma noktası / koridor	STC 50
Mutfak/ patiserie / koridor	WC	STC 55
WC	Açık ofis / doktor odası	STC 60
SVP odası	Açık ofis / toplantı odası / konferans odası	STC 60
Emzirme odası	Kopyalama merkezi	STC 60
IT Odası / doktor odası / kafeterya	Koridor / açık ofis	STC 55

Tablo 4. Örnek duvar tipi kesit açılımları ve STC değerlendirmesi

Duvar Tipi	Açılımı	Ses Yalıtım Sınıfı Değeri
D4	Her iki tarafta 2 kat 12,5mm alçı panel + 40x60x2 mm çift profil sistemi (birbirine temas etmeyecek iki profil arası 4 cm boşluk kalacak şekilde) arada 12cm boşluk ve içerisinde 50mm 50kg/m ³ taşıyünü	STC 62
D6	Her iki tarafta tek kat 18mm MDF + tek profil 40x60x2 mm (kılıcına yerleştirilmiş) ve içerisinde 50mm 50kg/m ³ taşıyünü	STC 55
D8	Her iki tarafta 2 kat 12,5mm suya dayanımlı alçı panel + tek profil 40x60x2 mm ve içerisinde 40mm 50kg/m ³ taşıyünü	STC 52

3. MEKANİK GÜRÜLTÜ KONTROLÜ

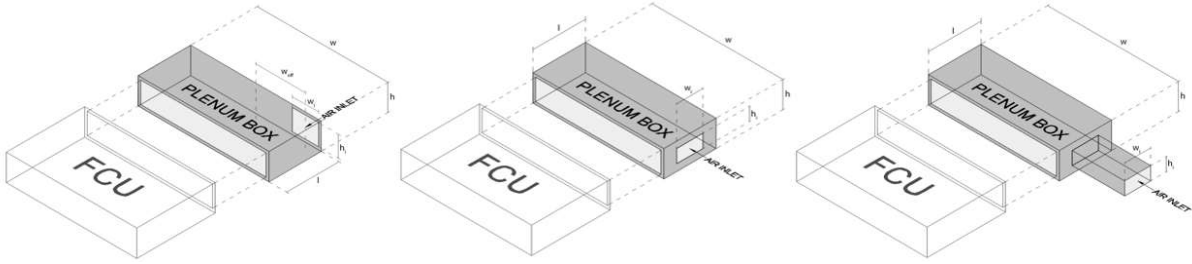
Bu bölümde mekanik gürültü kaynağı olarak proje kapsamında yer alan, mahallerin iklimlendirilmesinde kullanılan FCU'nun işlevsel alanlarda (toplantı odaları, açık ofis alanları, konferans odaları ve dinlenme odaları) hava yoluyla yaydığı gürültünün etkisi incelenmiştir. İç mekânların işlevi göz önüne alındığında, HVAC donanımı nedeniyle izin verilen en yüksek gürültü seviyeleri uluslararası standartlarda tanımlanmış olup Tablo 5' te sunulmaktadır [7]. Ses gücü seviyesi verileri (SWL), hava girişi, hava atışı ve kasa gürültüsü ses basıncı seviyesi ölçümlerinin toplamı olarak ISO 3743-2'ye göre elde edilmiştir. Üretici, her bir gürültü bileşeninin ses gücü seviyesini ayrı ayrı sağlayamadığından, hacim içinde ses yayılımını modellemek ve genel ses seviyelerini elde etmek için üreticinin sağladığı toplam ses düzeyi her bir gürültü iletim yolu için elde edilmiştir.

Tablo 5. Fonksiyonel alanlar için iç ortam gürültüsü kriteri

Fonksiyonel alan	Gürültü kriteri	İzin verilen en yüksek eşdeğer gürültü düzeyi
Toplantı odası	NC 30	39 dBA
Konferans salonu	NC 30	39 dBA
Dinlenme alanı	NC 30	39 dBA
Açık plan ofis	NC 40	44 dBA
Yönetici ofisi	NC 30	39 dBA

Mevcut durum ve iyileştirme süreçlerinde referans yöntemlerden yararlanılmıştır [8]. Hedef değerleri farklı mahallerde sağlamak üzere FCU'nun hava alışı ve atışı terminallerinde geliştirilen çeşitli akustik iyileştirme önerilerinden (T_X) bir bölümü aşağıda özetlenmektedir:

- (T_1): FCU taze hava alışı terminaline bağlı ana kanal ve dirsek iç yüzeylerinin ses yutucu malzeme ile kaplanması: kaplamanın en az ilk ayrıma kadar uzatılması önerilmiştir.
- (T_2): Esnek kanal ayrımlarında değişiklik: taze hava plenumu ile ilk esnek kanal arasındaki mesafenin 50cm olacak şekilde yapılandırılması önerilmiştir.
- (T_3): Taze hava kanallarında ses yutucu esnek kanal uygulanması: ana besleyici kanal ile asma tavan üzerinde yer alan havalandırma menfezi arasında yer alan esnek kanalın ses yutucu esnek kanal ile değiştirilmesi önerilmiştir.
- (T_4): FCU taze hava terminaline plenum kutusu eklenmesi: her bir FCU tipi için ayrı plenum kutusu geometrisi geliştirilmiştir. Plenum kutularının taze hava terminaline bağlantısının şematik gösterimi Şekil 8'de sunulmuştur. Plenum kutusu iç yüzeyleri ses yutucu malzeme ile kaplanmalıdır.



Şekil 8. Öneri plenum konfigürasyonlarının şematik gösterimi

4. DENETLEME ÖLÇÜMLERİ VE DEĞERLENDİRMELER

Uygulama sonrası İşverenin talep ettiği akustik tasarım başlıklarında ve konumlarda BASF İstanbul Ofisi'nde ISO 3382-3 ve ISO 717-1 standartları çerçevesinde akustik testler gerçekleştirilmiştir. Açık plan ofis alanında çınlama süresi için üst sınır değer 0.8 s olarak alınmış olup yürütülen akustik tasarım ve analizler sonucunda 0.75 s olarak hesaplanmıştır. Ölçümlerde elde edilen çınlama süresinin (T_{30}), 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz ve 2 kHz bantlarındaki ortalaması 0.60 s olarak hesaplanmıştır (Tablo 6). Hacmin büyük ve geometrik açıdan tek yönlü uzun olması sebebi ile farklı frekans bantlarındaki çınlama süresi dağılımında bölgesel olarak farklar ortaya çıkabilmektedir. Ölçüm ve analiz sonuçları arasında doğan 0.15 s mertebesindeki fark test esnasında konumlandırılan mikrofona noktalarının global ortalamaya kıyasında kabul edilebilir. Gürültü kontrolü çalışması ile havalandırma birimleri kaynaklı gürültü; tasarım kriterinin 49 dBA olduğu açık plan ofis içinde 38 dBA mertebesinde öngörülmüş olup yerinde 42-44 dBA bandında ölçülmüştür. İzin verilen en yüksek arka plan gürültü düzeyinin 40 dBA olarak tanımlandığı diğer tüm hacimlerde, gürültü düzeyleri 32-40 dBA bandında öngörülmüş olup (büfe alanı hariç) yerinde 24-40 dBA bandında ölçülmüştür (Tablo 6).

Tablo 6. Fonksiyonel hacimlerde gerçekleştirilen denetleme ölçümleri sonuç değerleri

Ölçüm yeri	A-ağırlıklı eşdeğer arkaplan gürültü düzeyi		Çınlama süresi		Not
	Ölçüm sonucu	Kriter	Ölçüm sonucu	Kriter	
	LA,eq [dBA]	LA,eq [dBA]	T30 [s]	T30 [s]	
M1.1 (açık plan ofis)	42,8	<49,0	-	-	☑
M1.2 (açık plan ofis)	44,2	<49,0	-	-	☑
M1.3 (dinlenme odası)	39,7	<40,0	-	-	☑
M1.4 (konferans salonu)	32,3	<40,0	-	-	☑
M1.5 (toplantı odası)	24,2	<40,0	-	-	☑
M1.6 (toplantı odası)	38,3	<40,0	-	-	☑
M1.7 (toplantı odası)	35,0	<40,0	-	-	☑
M1.8 (kafeterya)	45,6	<40,0	-	-	☑
M1.9 (büfe alanı)	45,4	<40,0	-	-	☑
M1.10 (dinlenme alanı)	40,2	<40,0	-	-	☑
M2.1 (konferans salonu)	-	-	0,44	<0,6	☑
M2.2 (açık plan ofis)	-	-	0,58	<0,8	☑
M2.3 (toplantı odası)	-	-	0,44	<0,6	☑

Bu çalışmada BASF Türkiye Ofisinde yürütülmüş olan akustik tasarım süreçleri ve ölçüm sonuçları paylaşılmıştır. Genel itibariyle akustik tasarım süreci, hedeflenen kriterlere göre yürütülmüştür. Yerde gerçekleştirilen ölçümler ile tasarım sonucunda öngörülen değerlerin sağlandığı tespit edilmiştir. Diğer yandan, BASF Teknoloji ofisinin kullanıma açılması itibariyle çalışanların pozitif geri dönüşleri nesnel tasarım metriklerinin subjektif anlamda karşılığını bulduğunu göstermektedir. Sonuç ürünün başarıya ulaşmasında her bir ayrı başlıkta tüm detaylarıyla tasarımcı ile koordineli çalışmanın ve uygulamadaki hassasiyetin önemi büyüktür.

5. KAYNAKÇA

- [1] Wang, C., & Bradley, J. Sound propagation between two adjacent rectangular workstations in an open-plan Office – part II. Applied Acoustics 63.12, 1353-1374, 2002.
- [2] Mimaristudio'dan yeni bir çalışma kültürü yaratan yenilikçi tasarım: Basf Türkiye Ofisi. Yapı Dergisi, 16 Mayıs 2018 tarihinde <https://yapidergisi.com/mimaristudiodan-yeni-bir-calisma-kulturu-yaratan-yenilikci-tasarim-basf-turkiye-ofisi/adresinden> erişildi.
- [3] Beranek, L.L. "Acoustics" (ASA, NY, 1993).
- [4] LEED ID+C: Commercial Interiors v4 - LEED. Interior Design and Construction.
- [5] Christensen, C.L., Koutsouris, G., Gil. J. ODEON Room Acoustics Software v. 13 Manual, 2016.
- [6] Mommertz, E. "Acoustics and Sound Insulation: Principles, Planning, Examples" (Birkhauser, Berlin, 2009)
- [7] ASHRAE, HVAC APP SI HDBK. HVAC Applications Handbook. SI Editio, 2018.
- [8] AHRI 885:2008 Procedure for Estimating Occupied Space Sound Levels in the Application of Air Terminals and Air Outlets.