

10. ULUSAL AKUSTİK KONGRESİ
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ODİTORYUMU, İSTANBUL
16-17 Aralık 2013

TİP PROJE SPOR SALONLARINDAKİ AKUSTİK ÖZELLİKLERİN
ÇOK AMAÇLI KULLANIMLAR İÇİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Gökçe Ulusoy¹, Ayşe Tavukçuoğlu², Mehmet Çalışkan³

¹**Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye**
Tel: 533 450 57 72, e-posta: gokceulusoy@gmail.com

²**Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye**
Tel: 312 210 62 20, e-posta: aysetavukcuoglu@yahoo.com

³**Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye**
Tel: 312 210 25 72, e-posta: caliskan@metu.com

ÖZET

Spor salonları, spor etkinliklerinin yanı sıra çok amaçlı salonlar olarak da kullanılmaktadır. Ancak Türkiye'deki spor salonlarının akustik nitelikleri çoğunlukla göz ardı edilmektedir. Bu çalışmada, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlatılan 70 kişi seyirci kapasiteli tip spor salonu projeleri bilgisayar ortamında akustik benzetim yöntemleri ile incelenmiş; mevcut durumda bu spor salonlarının spor dersleri, çeşitli spor etkinlikleri ve çok amaçlı kullanımlar için yetersiz akustik niteliklere sahip olduğu görülmüştür. Analizlerde, çınlama süresi parametresi esas alınmıştır. Mevcut projenin akustik sorunları tanımlanmış ve bu sorunları giderecek uygun, uygulanabilir ve ekonomik bir çözüm önerisi geliştirilmiştir.

Anahtar sözcükler: spor salonu tip projeleri, çok amaçlı kullanım, bilgisayar destekli akustik modelleme ve benzetim, hacim akustiği, spor salonu akustiği.

***ACOUSTICAL IMPROVEMENT OF TYPICAL SPORT HALLS FOR
THEIR MULTI-PURPOSE USE***

Beside sport activities, sport halls serve as multi-purpose halls. However, in Turkey, acoustical features of these halls are usually ignored. The study was conducted on the typical sport halls with 70 people audience capacity designed by the Ministry of Education. The acoustical performances are examined by the use of 3D modelling and acoustical simulation methods; the acoustical features of the typical projects were found to be inadequate for sport classes, sportive activities and multi-purpose uses. The analyses were based on the global reverberation time. Some remedial interventions were suggested with a special care on their appropriateness, applicability and economy.

Keywords: *typical sport hall projects, multi-purpose use, 3D acoustical modelling and simulation, room acoustics, sport hall acoustics.*

1. GİRİŞ

Günümüzde olimpiyat stadyumlarından kent ölçeğindeki spor salonlarına kadar sportif etkinlikler için tasarlanmış olan spor mekânları, kongre, konferans, konser gibi çeşitli konuşma ve müzikal etkinlikler için de kullanılmaktadır. Bu tür mekânlar, söz konusu etkinliklerin yapılmasına olanak veren geniş hacim ve yüksek seyirci kapasitesine sahiptirler, Ülkemizde de, birçok ilk ve orta öğretim okul yapılarında mevcut olan spor salonu, konferans veya konser salonlarının eksikliğinden dolayı, çok amaçlı etkinlikler için kullanılmaktadır. Oysaki bu salonlardaki akustik ortamların, spor ve çok amaçlı etkinlikler için uygun olmadığı görülmektedir. Bu salonların akustik tasarımı hem mimari tasarım hem de yapım aşamalarında göz ardı edilmektedir.

Spor salonları, çınlamanın yüksek olduğu mekânlardır. Spor salonlarının yapımında, sert ve pürüzsüz/düzgün yüzeyler oluşturan beton, çelik, cam ve benzeri modern malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemeler, yapısal açıdan ihtiyaçları tatmin etmektedir ancak düşük ses yutumuna sahip olmaları salonlardaki akustik ortamı olumsuz etkilemektedir. Bu salonların geniş hacimli olmaları, düşük ses yutma özelliğine sahip malzeme kullanımı ve az seyirci alanına sahip olması gibi nedenlerle oluşan yüksek çınlamalı ortam, bu mekânlardaki ses iletişiminin zor ve yorucu olmasına yol açar [1]. Kapalı spor salonlarının aktif öğrenci grupları tarafından kullanılan geniş mekânlar olmaları, bu mekânları, oturularak takip edilen derslerin yapıldığı sınıflardan farklı kılmaktadır.

Günümüz spor salonlarındaki akustik ortamın ciddi sorunları olduğu dile getirilmektedir [2]. Örneğin, yaklaşık 3000 ortaokul öğrencisi ile yapılan bir araştırma sonucu, spor salonlarının, işitmenin en zor olduğu öğrenme mekânları olduklarına dikkat çekmektedir [3]. Bu salonlarda görülen yüksek çınlama süreleri, yüksek ses düzeyi, konuşmanın anlaşılabilmesini ve netliğinin azalması gibi olumsuz durumlara yol açmaktadır. Ayrıca, beden eğitimi öğretmenlerinin yüksek düzeyde gürültüye maruz kaldıkları, yüksek gürültü ortamında öğrencilerle iletişim kurmak zorunda oldukları, bu sebeple de diğer branşlardaki öğretmenlere kıyasla çok daha fazla ses ve iletişim problemleri yaşadıkları bilinmektedir [4]. Kısacası, spor salonlarındaki elverişsiz akustik koşullar, bu mekânlardaki işlevlerin sağlıklı koşullarda yerine getirilmesini ve bu mekânların verimli bir şekilde kullanılmasını engellemektedir.

Spor salonlarında sağlanması gereken akustik ortamın tanımlandığı yönetmelikler uygulanmakta [5] ise de Türkiye’de henüz uygulamalar için yürürlükte olan standartlar/yönetmelikler mevcut değildir.

1.1. Spor Salonları ve Çok Amaçlı Ortamlardan Beklenen Akustik Nitelikler

Okul yapılarının akustik tasarımı kapsamında 2003 yılında İngiltere’nin Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlatılan *Building Bulletin 93* (2004)’te okul mekânlarından beklenen akustik ortamlar ve standart değerler tanımlanmıştır. Burada, seyircisiz kapalı spor salonlarındaki çınlama süresinin orta frekans aralığında, 1,5 saniyenin altında olması gerektiği belirtilmektedir [5].

Çok amaçlı tesislerin akustik ortamı ise, en çok kullanıldığı etkinliğe yönelik olarak tasarlanmaktadır. Bu durum, ortamda konuşma etkinlikleri için fazla, müzikal aktiviteler için ise yetersiz çınlamalara yol açabilir [6]. Yüksek çınlama, konuşmanın anlaşılabilirliğini düşürürken müzikal etkinliklerde dinleyicinin müzikle çevrildiği hissini vermesi açısından önemlidir [6]. Bununla birlikte, söz konusu salonlardaki hem konuşma hem de müzikal etkinliklerde mikrofon, hoparlör, vb. elemanların yer aldığı aktif akustik sistemler de kullanılmaktadır. Bu elemanlar, pasif değişken akustik çözümlere nazaran daha fazla

değişkenlik olanağı sağlar. Ancak, söz konusu durumda da salonlar, doğal akustik koşullarından bağımsız değillerdir. Bu elemanların kullanıldığı ortamlar için de belirlenmiş gerekli çınlama süresi aralıkları vardır. Yapılan bir çalışma sonucu görülmüştür ki aktif akustik sistem elemanlarının kullanıldığı durumda popüler müzik, caz, rock, vb. tarzda müzikler için 1000–7000 m³ hacim aralığındaki salonlarda gerekli çınlama süresi 0,6 – 1,2 saniye arasında olmalı ve farklı frekanslardaki çınlama süresi değerleri arasında belirgin bir farklılık olmamalıdır [6].

2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlatılan 70 kişi seyirci kapasiteli tip spor salonu projeleri çalışılmıştır. Bu salonlar, spor etkinliklerinin yanı sıra, diploma törenleri, öğrenci konserleri, eğitim konferansları gibi müzikal ve konuşma etkinlikleri için de kullanılmaktadır. Bu salonlardaki akustik koşulların yetersizliği, tüm bu etkinlikler sırasında rahatsız edici akustik ortamların oluşmasına sebep olmaktadır.

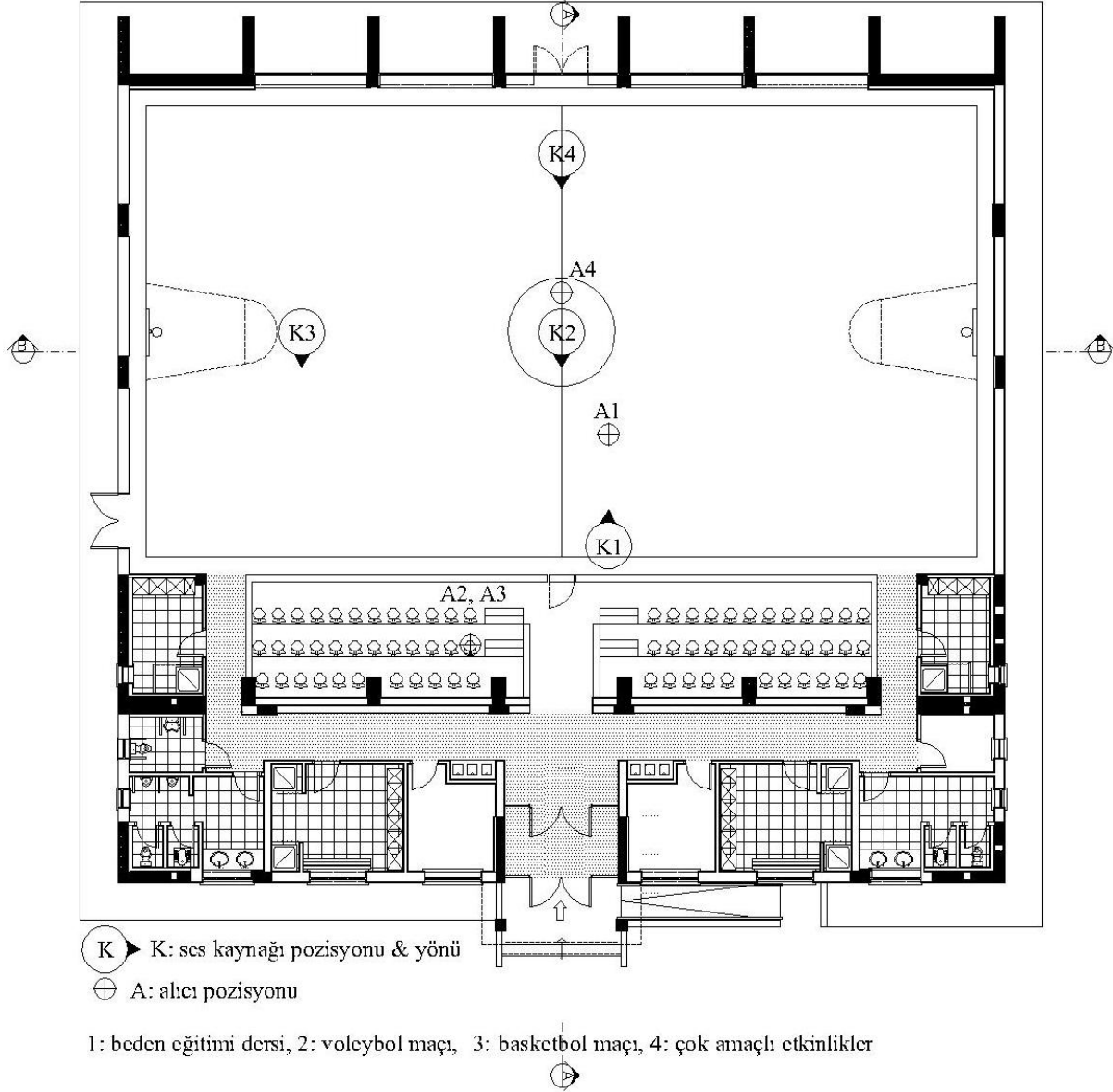
Mevcut durumdaki akustik niteliklerin ve sorunların iyi anlaşılması amacıyla, tip proje ile Türkiye'nin birçok yerinde inşa edilen spor salonu uygulaması ilk defa bu çalışma ile incelenmiştir. Spor salonundaki akustik ortamın üç boyutlu modellenmesi ve akustik benzetimi, *Sketch up 7* ve *Odeon 8.5* yazılımları kullanılarak yapılmış; elde edilen veriler doğrultusunda bazı iyileştirme önerileri geliştirilmiş ve tartışılmıştır. Bu kapsamda, salonlardaki etkinlikler için uygun senaryolar belirlenmiş; analizler için ses kaynağı ve alıcılar bu senaryolar doğrultusunda konumlandırılmış; yapının hacim ve malzeme karakteristiklerine dikkate alınmıştır [1]. Avrupa'da bulunan 11 adet konser salonunda yapılan ölçümlerden alınan verilerle yapılmış analizler sonucunda çınlama süresinin, dinleyiciyi etkileyen 5 parametreden 4'ü hakkında bilgi verdiği görülmüştür. Ortamdaki çınlama süresi, hacim ve kaynak-alıcı pozisyonu bilgileriyle ses düzeyi (level), çınlama (reverberance), netlik (clarity) ve dinleyicinin hacimce kuşatılması (listener envelopment) parametrelerinin değerleri tahmin edilebilmektedir [7]. Ortamdaki çınlama süresinin değerlendirmelerde belirleyici bir akustik parametre olmasından ötürü, bu çalışmada spor salonunun akustik nitelikleri, ortamdaki “global çınlama süresi (global reverberation time)”, esas alınarak analiz edilmiştir. İyileştirme önerilerinde işleve uygun çınlama süreleri elde edilmeye çalışılmış; uygulanabilir ve ekonomik çözümler aranmıştır.

Temel olarak analizler üç farklı senaryo/kullanım etrafında şekillenmiştir. Bu senaryolar: (i) beden eğitimi dersleri, voleybol ve basketbol maçlarını içeren spor etkinlikleri, ve (ii) konser, konferans ve benzeri etkinlikleri kapsayan çok amaçlı kullanım için geliştirilen öneriyi içerir. Yapılan analizlerle, yapının mevcut durumdaki akustik nitelikleri, bu niteliklerin sportif etkinlikler için uygunluğu tartışılmış; sportif ve çok amaçlı etkinlikler için mevcut akustik nitelikleri iyileştirecek öneriler geliştirilmiştir. *Mevcut durum*, sportif etkinlikler için iyileştirme önerisi ve amaçlı kullanım için iyileştirme önerisi, mimari nitelikleri ve malzeme kullanımını bakımından aşağıda ilgili alt başlıklar altında açıklanmıştır:

2.1. Mevcut Durum

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlatılan spor salonu tip projesi, beden eğitimi dersleri ve basketbol, voleybol maçları gibi çeşitli sportif etkinlikler için tasarlanmıştır (şekil 1). Söz konusu proje, ofis, malzeme odası, soyunma odaları, duş ve tuvaletlerden oluşan “servis bölümü” ve oyun alanı ve seyirci tribününden oluşan “spor sahası” olmak üzere 2 bölümden oluşmaktadır (şekil 1). Servis bölümünün taşıyıcı sistemi betonarmedir. Spor sahası ise

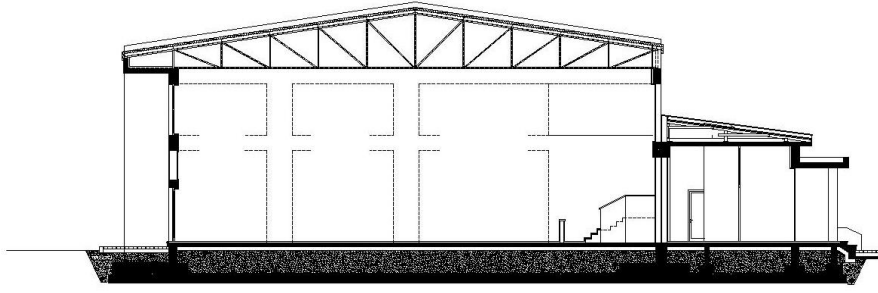
betonarme taşıyıcı sistem ve çelik kafes ile taşınmaktadır (şekil 1, 2, 3). Spor sahasında bulunan oyun alanı 27 metre uzunluğunda ve 15 m genişliktedir (şekil 1). Spor sahasının net yüksekliği 6.80 metredir (şekil 2,3). Çatısı, alüminyum sandviç paneller ile kaplıdır. Duvar kesiti, tuğla duvar üzeri çimentolu kaba sıva, alçı sıva, saten alçı kaplama ve su bazlı saten boya katmanlarında oluşmakta, betonarme döşeme ise poliüretan esaslı elastik malzeme ile kaplıdır.



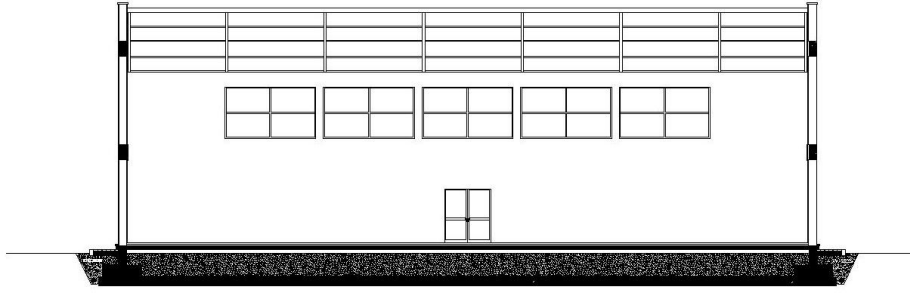
K: ses kaynağı pozisyonu & yönü
⊕: A: alıcı pozisyonu

1: beden eğitimi dersi, 2: voleybol maçı, 3: basketbol maçı, 4: çok amaçlı etkinlikler

Şekil 1. Spor salonu planı [8]



Şekil 2. Spor salonu en kesiti [8]

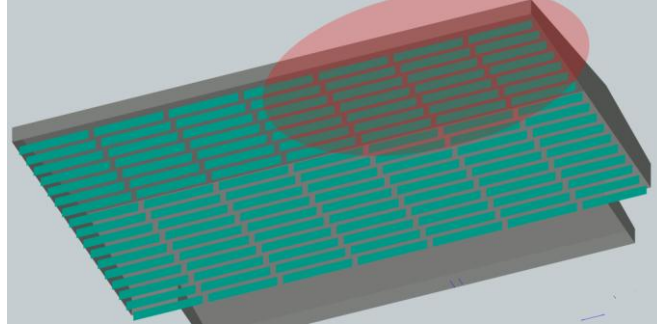


Şekil 3. Spor salonu boy kesiti [8]

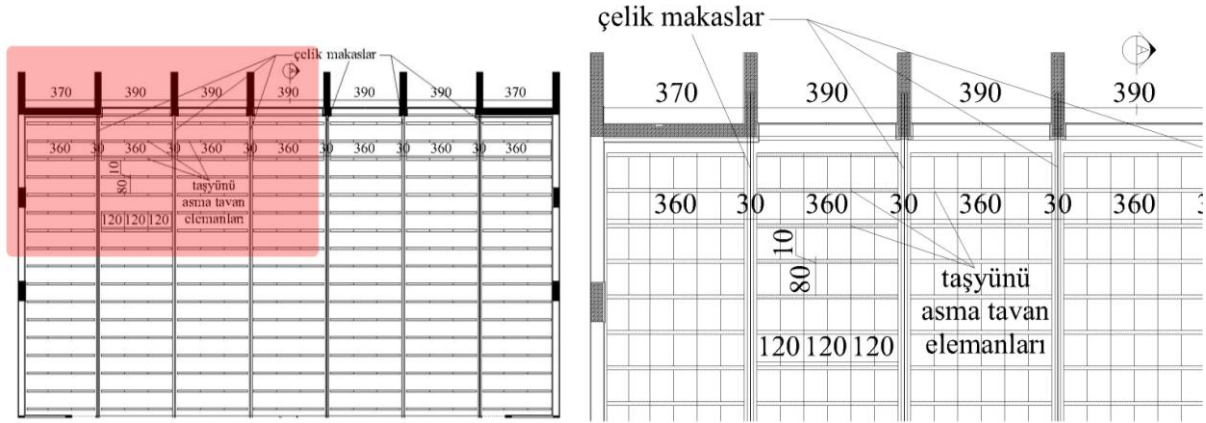
Yapının mevcut durumunu temsil eden akustik modeli, Polarkon Ltd. tarafından temin edilen proje çizimleri ve bu çizimlerde tariflenen malzeme bilgileri kullanılarak hazırlanmıştır. Seyirci koltukları ve çelik kafes sistemin sesi dağıtıcı karakteri gözetilerek bu yüzeylere saçıcılık verilmiştir. Geniş hacim ve salonun yüzeylerindeki ses yutumunun düşük olması nedeniyle dersler sırasında öğrencilerden, maç sırasında oyuncuların kaynaklanan ses yutumu göz ardı edilmiştir. Benzetimler sırasında arka plan gürültü değeri 40 dB olarak alınmıştır. Beden eğitimi dersleri, voleybol ve basketbol maçları olarak belirlenmiş senaryolar doğrultusunda ses kaynağı ve alıcı konumları Şekil 1’de gösterilmektedir. Benzetim sonucu elde edilen tüm frekanslardaki çınlama süreleri ve yeterlikleri, 3.Bölüm’de tartışılmaktadır.

2.2. Spor Etkinlikleri için Akustik İyileştirme Önerisi

Spor etkinlikleri için daha uygun bir akustik ortam sağlamak için; diğer bir deyişle, salondaki çınlama sürelerini kabul edilebilir seviyelere düşürmek için, oyun sahası sınırları içindeki çelik kafes sisteme takılabilen bir asma tavan sistemi tasarlanmıştır. Bu asma tavan sistemi, çelik kafese takılabilen bir metal çatki düzeneği, bu düzeneğe dikine asılan dar-uzun ses yutucu levhalardan oluşmaktadır (şekil 4). Ses yutucu levhaların, yangına dayanıklı, ses yutma kapasitesi yüksek olan 10 cm kalınlığında taş yünü malzemedan yapılmasına, 60cm genişliğinde ve 120cm uzunluğunda olmasına, ve ses geçirimli (akustik olarak transparan) kumaşla kaplanmasına karar verilmiştir. Bu levhaların kalınlığı, genişliği ve asılma aralığı değiştirilerek geliştirilen asma tavan önerileri, akustik nitelikleri ve yeterliği açısından analiz edilmiştir. Akustik ortama olumlu etkisi en çok olan asma tavan düzeneğinin, ses yutucu levhaların 90 cm x 360 cm boyutlarında bir ızgara oluşturacak şekilde asıldığı bir asma tavan düzeni olduğu görülmüştür (şekil 5). Bu düzende tavan yüksekliği 60 cm azalmaktadır. Önerilen bu asma tavan tasarımının mümkün olduğunca uygulanabilir ve ekonomik bir çözüm olmasına özen gösterilmiştir.



Şekil 4 – Çelik makaslar arasına yerleştirilen asma tavan elemanları



Şekil 5 – Kısmi tavan planları

2.3. Çok Amaçlı Kullanım için Akustik İyileştirme Önerisi

Salonun çok amaçlı kullanımda, farklı müzikal aktiviteler ve konuşma etkinlikleri için uygun koşulların oluşturulması için çınlama sürelerinin kontrol edilebildiği ve bu sayede akustik ortamda farklılıkların yaratılabildiği bir akustik tasarım gerekmektedir. Ortamın akustik performansı, yüzeylerde değişken ses yutumu karakteristiklerinin sağlanması ve/veya hacmin değiştirilmesiyle mümkündür. Hali hazır durumda 6,80 m olan spor salonunun yüksekliği, spor etkinlikleri için akustik iyileştirme önerisinde 6,20 m'ye düşürülmüştür ve bu değerler, spor federasyonu tarafından belirlenmiş olan 7 m standart salon yüksekliğinin altındadır. Bu durumda salon yüksekliğini daha fazla düşürmek uygun değildir [9, 10]. Değişken tavan yüksekliği için kurulması gereken mekanik veya otomatik sistemin ise maliyetinin yüksek olacağı göz önünde bulundurulmuş; hacim değişikliğini öngören bir tasarım yerine sadece ortamdaki ses yutumunun kontrol edilebildiği bir tasarım uygun görülmüştür. Bu kapsamda, konferans, diploma töreni, öğrenci konserleri gibi farklı müzikal ve konuşma etkinlikleri için gerekli olan farklı çınlama sürelerinin sağlanabildiği bir ortam tasarlanmıştır.

Bu ortamda oyun sahasının bir kısmı seyirci alanı olarak kullanılmakta; seyirci kapasitesinin 70'den 380'e çıktığı farz edilmektedir. Oyun sahasına eklenen oturma elemanları ve seyirciler, ortamdaki ses yutumunu önemli ölçüde artırmaktadır. Buna ek olarak duvar yüzeylerine, gerektiğinde yüksekliği değiştirilebilen veya kaldırılabilen ses yutucu perdeler asılması önerilmiştir. Bu öneride, döşeme kotundan 6,30 m yüksekliğe asılacak olan, perde yüksekliği el ile ayarlanabilen, çift katmanlı ve 550g/m² ağırlığında saten kumaştan yapılan makaralı/stor perdeler kullanılmıştır. Her birinin genişliği 1 metre olan stor perdelerin, duvar

yüzeyleri boyunca ve duvar yüzeyleriyle aralarında 15cm boşluk bırakılarak asıldıkları varsayılmıştır. Bu perdeler sayesinde salon yüzeylerinde farklı ses yutum karakteristikleri sağlanabilecektir. Servis bölümünden gelecek geç yansımaları azaltmak/önlemek için servis bölümüyle oyun alanı arasındaki girişlere de aynı malzemeden yapılmış perdeler eklenmiştir.

3. ANALİZLER VE TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen veriler “spor salonunun mevcut durumdaki akustik niteliklerinin yeterliği”; “ses yutucu asma tavanının spor salonundaki akustik ortama etkileri” ve çok amaçlı kullanım kapsamında “salonlardaki akustik koşulların ses yutucu makaralı perdelerle kontrolü” bakımından değerlendirilmiştir.

3.1. Spor salonunun mevcut durumdaki akustik niteliklerinin yeterliği

Hali hazırda spor salonun işlevlerinden olan beden eğitimi dersleri, voleybol maçları ve basketbol maçlarının yapıldığı durumda ortamın akustik performansını yansıtan akustik benzetim verileri, ortamdaki çınlama sürelerinin orta frekans (500 Hz-1000 Hz) aralığında 3,47 – 5,08 saniye aralığında olduğu belirlenmiştir (çizelge 1). Düşük frekans (125 Hz-250 Hz) ve yüksek frekans (2000 Hz-4000 Hz) aralığındaki çınlama süreleri ile orta frekans aralığındaki çınlama süreleri arasında 1 saniyenin üzerinde bir fark olması, farklı frekans aralıklarındaki dengesizliği göstermektedir (çizelge 1 ve şekil 8). Havanın ses yutumu çoğu zaman göz ardı edilebilir olsa da geniş hacimli mekânlarda yüksek frekanslarda fark edilir bir etkiye sahiptir [1]. 4000 Hz frekans aralığındaki çınlama süresinde izlenen belirgin düşüş, bu hacimdeki havanın ortamdaki ses yutumuna katkıda bulunduğunu göstermektedir (çizelge 1).

Çizelge 1. Mevcut koşulları temsil eden akustik benzetim verilerine göre spor salonundaki farklı frekanslara göre çınlama sürelerinin dağılımı: beden eğitimi dersleri, voleybol ve basketbol maçları

ETKİNLİK	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Beden eğitimi dersi	3.47	3.28	3.67	5.08	4.23	2.45
Voleybol maçı	3.31	3.06	3.47	4.66	3.92	2.34
Basketbol maçı	3.33	3.08	3.47	4.66	3.92	2.34

Elde edilen çınlama süreleri, standartlarda belirtilen ortalama 1,5 saniyenin [5] çok üzerindedir. Uzun çınlama süreleri, ortamdaki ses düzeyinin yüksek, konuşmadaki anlaşılabilirlik ve netliğin ise düşük olmasına neden olmaktadır. Bu değerler, dersin yüksek ses düzeyinde yapıldığını, yüksek gürültünün ortamdaki anlaşılabilirliği olumsuz etkilediği ve beden eğitimi öğretmenlerinin öğrencilerle yüksek sesle iletişim kurmak zorunda kaldıklarını açıkça göstermektedir [4].

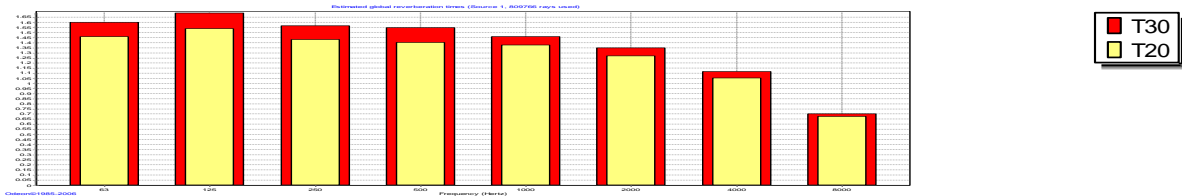
3.2. Ses yutucu asma tavanın, spor salonunun akustiğine etkisi

Salonda, standart değerlerin çok üzerinde olduğu belirlenen çınlama sürelerinin düşürülmesi, ortamdaki ses yutucu yüzeylerin artırılması ve/veya mekân hacminin azaltılmasıyla mümkün görünmektedir. Bu kapsamda önerilen ses yutucu asma tavanın monte edildiği farz edildiğinde, salonun beden eğitimi dersi esnasında gösterdiği akustik performans çizelge 2’de özetlenmektedir. Ortamdaki çınlama sürelerinin ortalamaları, düşük frekans aralığında

(125Hz-250Hz) 1,73 saniye, orta frekans aralığında (500Hz-1000Hz) 1,59 saniye, yüksek frekans aralığında (2000Hz-4000Hz) 1,28 saniyedir (çizelge 2). Bu süreler, standartlarda tanımlanan ideal değerlere yakındır [5], ve düşük, orta ve yüksek frekans aralıklarındaki çınlama süreleri arasında belirgin farklılıklar/dengesizlikler ortadan kalkmıştır. Ayrıca erken (T20 verileri) ve geç yansımalar (T30 verileri) arasındaki zaman farkının da az olduğu benzetim verilerinden görülmektedir (şekil 6). Benzetim verileri, ses yutucu asma tavanın, sportif etkinlikler için uygun akustik koşulların sağlayacak bir öneri olduğuna işaret etmektedir.

Çizelge 2. Ses yutucu asma tavan eklendiği durumu temsil eden akustik benzetim verilerine göre, spor salonundaki farklı frekanslara göre çınlama sürelerinin dağılımı: beden eğitimi dersleri

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1.78	1.68	1.65	1.54	1.42	1.14



Şekil 6. Ses yutucu asma tavan eklendiği durumu temsil eden akustik benzetim verilerine göre, spor salonundaki farklı frekanslara göre T20 ve T30 çınlama sürelerinin dağılımı: beden eğitimi dersleri

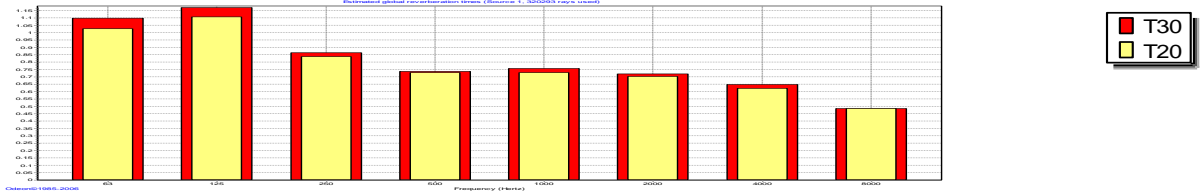
3.3. Spor salonundaki akustik koşulların ses yutucu makaralı (stor) perdelerle kontrolü

Spor salonunun çok amaçlı kullanımı sırasında, ortamdaki çınlama süreleri daha fazla düşürülmelidir. Konferans, öğrenci konserleri, diploma törenleri gibi çeşitli müzikal ve konuşma etkinlikleri için birbirinden farklı akustik koşulların sağlanabildiği kontrollü akustik ortamların tasarlanması gerekmektedir. Bu tür işlevlerin çoğuna hizmet verebilecek ve birbirlerinden farklı çınlama süreleri gerektiren çok amaçlı kullanımlarda akustik kontrolün, salondaki duvar yüzeylerine paralel, yüksekliği değiştirilebilir veya tamamen kaldırılabilen ses yutucu makaralı/stor perdeler sağlanması planlanmıştır. Tüm duvar yüzeylerin ses yutucu stor perde ile örtüldüğü durumu temsil eden benzetim verileri, ortalama çınlama sürelerinin değerlerinin düşük frekans aralığında (125 Hz-250 Hz) 1,01 saniye, orta frekans aralığında (500 Hz-1000 Hz) 0,75 saniye, yüksek frekans aralığında (2000 Hz-4000 Hz) 0,68 saniye olduğunu göstermektedir (çizelge 3, şekil 8). Bu veriler, salonda tüm perdelerin indirildiği, ses yutumunun en fazla olduğu durumda elde edilen değerlerdir. Söz konusu ses yutucu perdeler çeşitli konum ve yüksekliklerde kullanılarak farklı konuşma ve müzikal etkinlikler için uygun çınlama süreleri elde etmek mümkün görünmektedir.

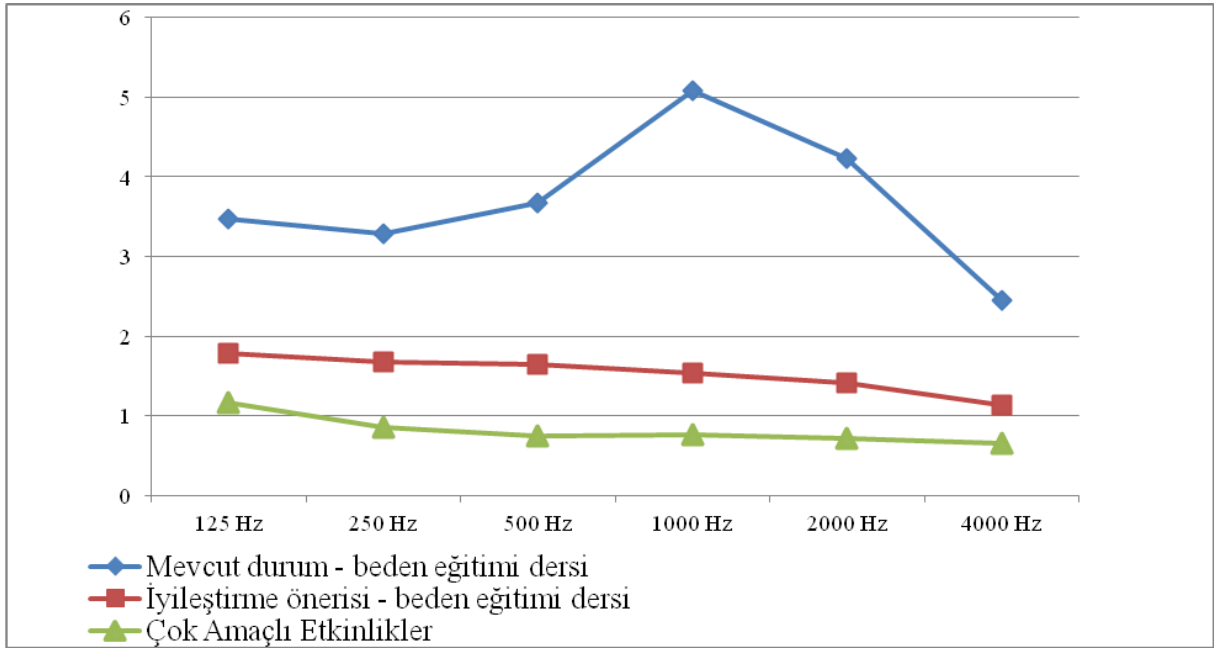
Bu etkinlikler için aktif ses sistemlerinin kullanılacağı da öngörülmektedir. Bu sebeple, çok amaçlı etkinlikler sırasında farklı frekans aralıklarındaki çınlama sürelerinin birbirleriyle eşit olması gerekliliği [6], özellikle orta ve yüksek frekanslarda sağlanmış; 125 Hz frekansında tespit edilen uzun çınlama süresi, özgün duruma kıyasla büyük ölçüde azalmıştır (şekil 7, 8).

Çizelge 3. Ses yutucu makaralı perde sisteminin eklendiği durumu temsil eden akustik benzetim verilerine göre, spor salonundaki farklı frekanslara göre çınlama sürelerinin dağılımı (T30 verileri): çok amaçlı kullanımı

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1,17 s	0,86 s	0,74 s	0,76 s	0,72 s	0,65 s



Şekil 7. Spor salonu çok amaçlı kullanımı - frekanslara göre çınlama süreleri (T20 & T30)



Şekil 8. Spor salonunun mevcut durum ve iyileştirme önerileri kapsamında frekanslara göre çınlama sürelerindeki (T30) değişimi gösteren grafik

4. SONUÇ

Geniş hacim ve sert malzeme kullanımı, spor salonlarında yüksek çınlama süresi ve yankı oluşumu gibi akustik sorunları beraberinde getirmektedir. Bu gibi akustik sorunlar, beden eğitimi dersi ve maç ortamının gürültü düzeyi yüksek, yorucu ve verimsiz olmasına sebep olmaktadır. Ayrıca salonların hizmet verebileceği olası konuşma ve müzikal etkinlikler için de mevcut akustik ortam, konuşmanın anlaşılabilirliğini ve müzikal etkinliklerde performansların verimliliğini olumsuz yönde etkilediği benzetim verilerinden açıkça anlaşılmıştır. Kısacası, gerçekte gözlemlenen bu durum, bu çalışma kapsamında elde edilen akustik benzetim verileriyle de desteklenmiş, bilgisayar destekli akustik benzetim çalışmaları, tip spor salonlarındaki akustik koşulların yetersiz olduğunu göstermiştir.

Ses yutucu asma tavan ve ses yutucu makaralı perde kullanımı gibi öneriler, mevcut durumdaki yetersiz akustik koşulları iyileştirici çözüm önerileridir. Bu kapsamda daha ayrıntılı incelemelerin yapılması ve bu çalışmaların yerinde ölçümlerle desteklenmesi, iyileştirici önerilerin geliştirilmesi ve spor salonlarının daha iyi akustik ortamlara kavuşması bakımından gereklidir.

Bu çalışma ile tip spor salonu projesinin akustik sorunları tanımlanmış; sorunları giderecek akustik çözümler önerilmiş; çok amaçlı kullanımlar için ihtiyaç duyulan akustik ortamın tanımı yapılmıştır. Bu tanımlar, aynı zamanda akustik niteliklerin sağlanması için akustik tasarım ölçütleridirler; kullanılan malzemelerin ses yutum katsayıları gözetilerek duvar, tavan ve döşeme yüzeylerinde sistem kesiti önerileri yapılmasına imkân vermektedir.

Bu çalışma sonuçları, inşa edilmiş olan tip spor salonlarının akustik koşullarının iyileştirilmesi ve çok amaçlı kullanım için uygun hale getirilmeleri bakımından önemlidir. Ayrıca bu çalışma, tip spor salonu uygulama projelerinin daha iyi akustik performansa sahip olarak tasarlanabilmesi bakımından yol gösterici niteliktedir.

TEŞEKKÜR

Sayın İ. Gürkan Akdoğan ve POLARKON Ltd. Şirketi'ne sağladıkları bilgiler ve veriler için çok teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Yoo, H.C., The Room Acoustics of Gymnasium Building, 5th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology, Tomsk, 2001.
- [2] Bošnjakovic, R., D. Tomic, Acoustical Treatment of Multipurpose Sport Halls, 3rd Congress of the Alps Adria Acoustics Association, Graz, 2007.
- [3] Conetta, R., ve diğerleri, Acoustics of Indoor Sports Halls and Gymnasias, Acoustics Bulletin, Vol. 37, No.4, Institute of Acoustics, UK, 2012.
- [4] Jonsdottir, V. I., The Voice - an Occupational Tool, A Study of Teacher's Classroom Speech and the Effects of Amplification, Academic Dissertation, University of Tampere, 2003.
- [5] Building Bulletin 93: Acoustic design in schools, Department for Education and Skills, 2004.
- [6] Ellison, S., R. Schwenke, The Case for Widely Variable Acoustics, Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics, Melbourne, 2010.
- [7] Skålevik, M., Reverberation Time - The Mother of All Room Acoustic Parameters, 20th International Congress on Acoustics, Sydney, 2010.
- [8] Polarkon Ltd çizim arşivi, MEB tip spor tesisi, uygulama projesi çizimleri. 2012.
- [9] Türkiye Voleybol Federasyonu, 2013-2016 Resmi Voleybol Oyun Kuralları, <http://www.tvf.org.tr/icerik/20/>.
- [10] Türkiye Basketbol Federasyonu, Basketbol Oyun Kuralları-2012, <http://www.tbf.org.tr/diger/basketbol-oyun-kurallari>.