



MAKÜ FEBED  
ISSN Online: 1309-2243  
<http://dergipark.gov.tr/makufebed>  
DOI: 10.29048/makufebed.481246

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 9(Ek Sayı 1): 267-278 (2018)

The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University 9(Supplementary Issue 1): 267-278 (2018)

Araştırma Makalesi / Research Paper

## Aynı Yüzey Alan Büyüklüğü ve Farklı Şekil Yapısına Sahip Karıştırıcıların Yansımali Oda Test Ortamında Alan Düzgünlüğüne Etkisi

Bülent URUL<sup>1\*</sup>, Habib DOĞAN<sup>2</sup>, Bilal TÜTÜNCÜ<sup>3</sup>, Selçuk HELHEL<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Isparta

<sup>2</sup>Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Isparta

<sup>3</sup>İl Sağlık Müdürlüğü, İstanbul

<sup>4</sup>Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Antalya

Geliş Tarihi (Received): 10.11.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 11.12.2018

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author\*): bulenturul@isparta.edu.tr

☎ +90 246 2111764 📠 +90 246 2118696

### ÖZ

EMC test uygulamalarında kolay kullanım imkânı bulan yankı odaları, kurulum maliyetlerinden dolayı büyük ilgi görmektedir. Bir odanın yansımali oda test ortamı olarak kullanılabilmesi için oda duvarlarının yüksek iletkenlik malzemelerle kaplanarak elektrik alan bileşenlerinin oda içerisinde yansımali yoluyla dağıtılması gerekir. Bu amaçla oda içerisindeki yansımali artırarak daha düzgün bir elektrik alan dağılımı sağlamak amacıyla oda içerisine döner metal levhali karıştırıcılar eklenmektedir. Bu çalışmada aynı yüzey alanına (1,96m<sup>2</sup>) sahip 5 farklı geometrik yapıda karıştırıcı şekli (kare, üçgen, daire, dikey ve yatay dikdörtgen) kullanılarak, karıştırıcı şeklinin elektrik alan düzgünlüğüne etkisi incelenmiştir. Buna göre yatay dikdörtgen karıştırıcı ile tasarlanan yansımali oda, diğer şekillerle tasarlanan odaya göre elektrik alanların standart sapması yani elektrik alan düzgünlüğü noktasında açık bir şekilde üstün olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla karıştırıcının geometrik şeklinin elektrik alan düzgünlüğüne önemli bir etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yansımali oda, karıştırıcı, elektrik alan düzgünlüğü

## Effect of Stirrers with Same Surface Area Size and Different Shape Structure on Field Uniformity in Reverberation Chamber Test Environment

### ABSTRACT

Reverberation chambers finding usability in EMC test applications have been receiving considerable attention due to their installation cost. They require walls of room to be covered with high conductivity materials that the electric field components should be distributed through reflection to build uniform electric field volume in it. However, these phenomena cannot happen itself, and it may be obtained by rotary metal plates called mixer installed in the chamber. In this study, the effect of mixer shape on electric field uniformity was investigated by using 5 different geometric structure mixer shape (square, triangle, circle, vertical and horizontal rectangle) having same surface area (1.96m<sup>2</sup>). It has been observed that the reverberation chambers designed with the horizontal rectangle shape stirrer is clearly superior to chambers with other shape of stirrers. Therefore, it was concluded that the geometric shape of the stirrer has a significant effect on the electric field uniformity.

**Keywords:** Reverberation chamber, stirrer, electric field uniformity

## GİRİŞ

Modern sayısal ve yarıiletken teknolojisi, elektronik devrelerin daha hızlı çalışmasını ve daha küçük boyutlarda imal edilmesini sağlamakla birlikte elektromanyetik girişim problemlerini de beraberinde getirmiştir. Elektronik cihazların çoğu ya elektromanyetik girişime neden olmakta ya da elektromanyetik girişime maruz kalmaktadır. Bu ise hassas cihazlarda istenmeyen arızaların ortaya çıkmasına veya beklenmeyen çalışma biçimlerinin görülmesine yol açmaktadır (Lovat, 2007).

Elektromanyetik girişim problemlerini ortadan kaldırmak için birçok çalışma yapılmaktadır. Başlıcaları; ekranlama, topraklama, filtreleme olarak sayılabilir. Geliştirilen standartlar belli değerlerin üstünde elektromanyetik girişime neden olan elektronik cihazların piyasaya arz edilmesini engellemektedir. Bu nedenle ürün son haline getirilip seri üretime geçirilmeden önce mutlaka elektromanyetik uyumluluk testlerinden geçirilir (Basyigit ve ark., 2017).

Tasarlanan ürünün elektromanyetik uyumluluk (EMC) standartlarını saplayıp sağlamadığını belirlemek için değişik test ortamları kullanılır. Bu test ortamlarının en popülerleri (Anechoic Chamber) yansısız odalardır. Dış kısmının metal plakalarla kapatıldığı bu yapıların iç kısmı ise karbon emdirilmiş yapılarla donatılmıştır. Böylece test altındaki cihazın dış ortamdan tamamen izole edilmesi sağlanmış ve oda içerisinde yansımalar en düşük seviyeye indirilmektedir (Weston,1992; Gradoni ve ark., 2006).

Ekonomik olarak maliyeti yüksek olan yansısız odalara alternatif olarak kullanılan elektromanyetik uyumluluk test ortamları ise yansıma odalarıdır(YA). Yansıma odalarında amaç test ortamındaki elektrik alanın bileşenlerinin birbirini sönmümesiyle elektrik alan düzgünlüğünü sağlamaktır. Basitçe ekranlanmış bir oda ve karıştırıcılardan oluşmaktadır. Yansımali odaların en büyük avantajı, çok modlu rezonatör gibi davranmaları nedeni ile çok düşük işaret gücü kullanarak güçlü elektrik alan şiddetli değerlerinin elde edilebiliyor olmasıdır (Besnier ve Démoulin, 2011).

Yansıma odası içerisine yerleştirilen iletken mekanik karıştırıcılar RC içerisindeki alanın zamana bağılı olarak istatistiksel düzgünlüğünü sağlarlar. Kullanılan karıştırıcıların geometrik yapıları, konumları, boyutları ve açıları alanın düzgünlüğünü sağlamadaki parametrelerden bazılarıdır. Karıştırıcıların yapısı büyük metalik parçalardan oluşmakta ve YA içerisindeki alanı farklı noktalara yansıtmaktadırlar. Diğer test ortamlarına göre daha ucuza kurulabilmeleri ve ön kabul şartlarında sonuçlar elde etmemize izin vermesi nedeni ile yansımali odalar son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Urul ve ark., 2017; Urul ve ark., 2018; West ve ark., 2018).

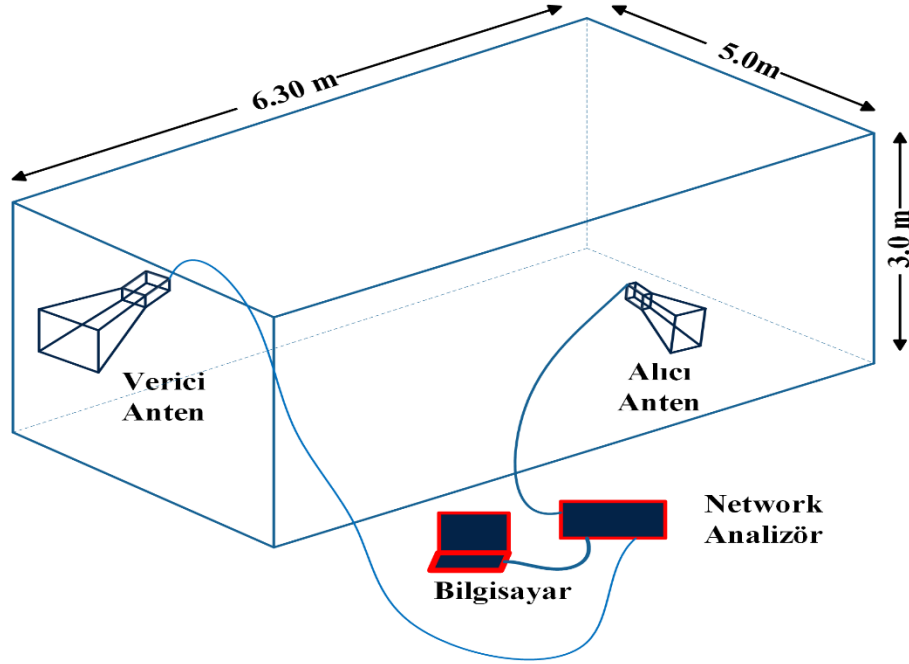
Bu çalışmada, aynı yüzey alan büyüklüğüne sahip farklı şekillerdeki karıştırıcıların alan düzgünlüğüne olan etkileri benzetim yoluyla ortaya konulmuştur. Çalışmanın 2.Bölümü kullanılan materyal ve yöntemi anlatırken, 3. Bölümde araştırma bulguları ve deneysel sonuçlar ve 4. Bölümde genel değerlendirme ve yorumlar yapılmaktadır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu makale çalışmasında yapılan ilk iş oda boyutlarına göre oda içerisinde kullanılacak en düşük frekans (EDF) seviyesinin bulunmasıdır. Bunun için Şekil 1'de görülen 6,3 x 5 x 3 m (uzunluk x genişlik x yükseklik) boyutlarında bir odanın tasarımı yapılmış ve Denklem 1 yardımıyla EDF seviyesi hesaplanmıştır.

$$N = \frac{8\pi}{3} (a x b x d) \frac{f^3}{c^3} - (a + b + d) + \frac{1}{2} \quad (1)$$

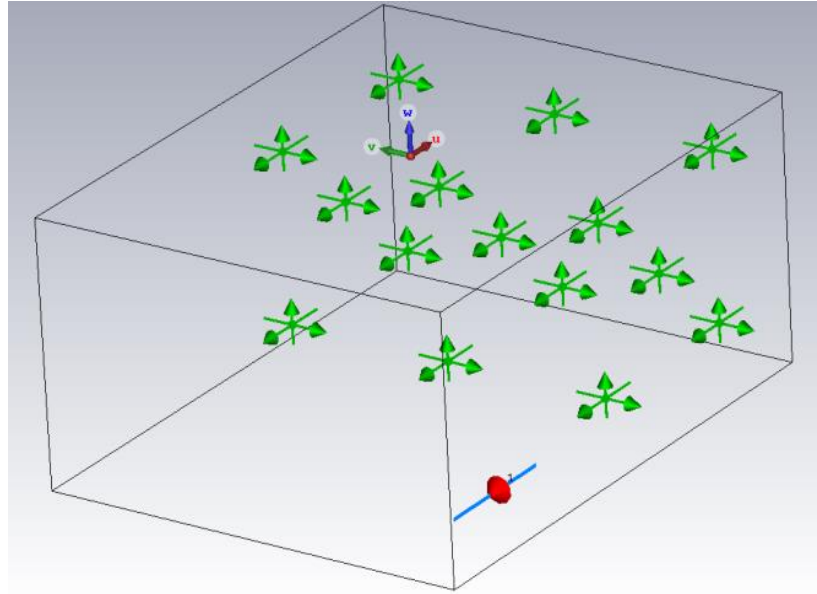
Buna göre Denklem (1)'de kullanılan a, b, d ifadeleri oda boyutlarını, N mod sayısını, c ışık hızını ve f frekansı ifade etmektedir. Bir odanın yansımali oda test ortamı olarak kullanılabilmesi için odadaki mod sayısı en az 60 olmalıdır. Veriler yerine konulduğu zaman kullanılacak en düşük frekans yaklaşık 131 MHz olarak hesaplanmıştır (IEC standart, 2003). Fakat standardın belirttiği şartları sağladığımızdan emin olmak için kullanılacak EDF 140MHz olarak alınmıştır. Tüm benzetim çalışmaları 140MHz ile 600MHz aralığında CST-Microwave Studio programı ile yapılmıştır.



Şekil 1. Yansımali oda modeli

Yansımali oda içerisinde ölçüm yapmak için alıcı anten konum sayısının en az 8 adet olması gerekmektedir. Fakat bu sayı daha doğru ölçümler yapabilmek için artırılabilir.

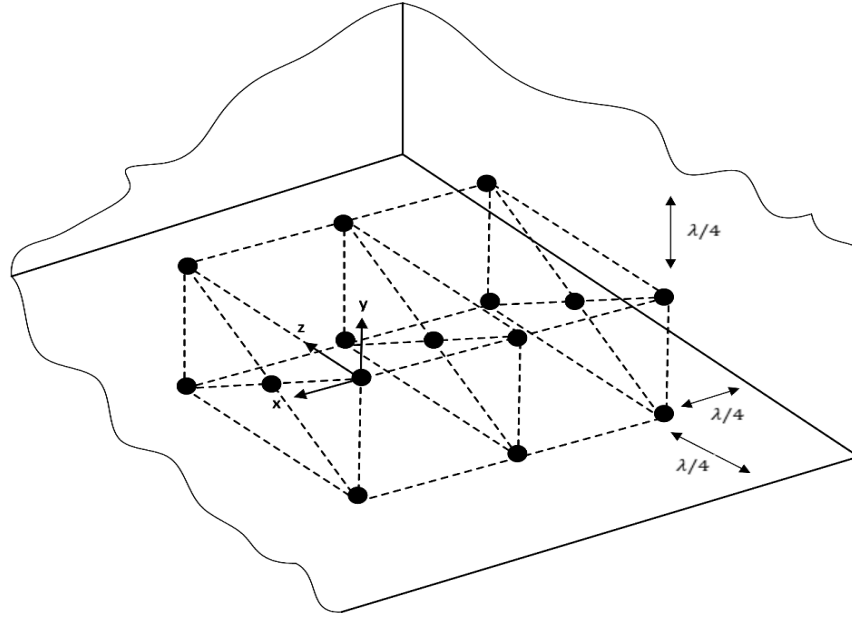
Bu amaçla alıcı anten için benzetim işleminde 15 adet elektrik alan okuma sondası ("probu") ve verici anten için ise ayrıca bir ayrık port Şekil 2'de görüldüğü gibi kullanılmıştır.



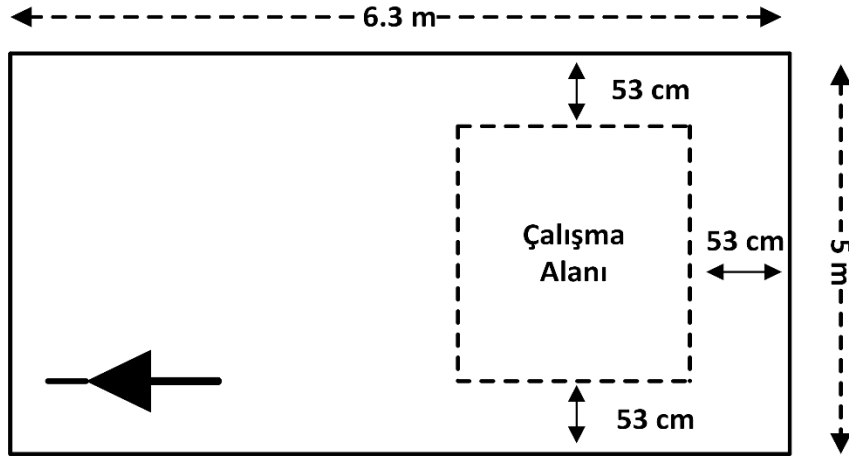
Şekil 2. Benzetim ortamında yansımali oda tasarımı

Alıcı anten olarak kullanılan elektrik alan sondaları Şekil 3 ve 4'de görüldüğü gibi oda içerisinde oda duvarlarından ve diğer test altındaki cihazlardan kullanılabilir EDF'a göre hesaplanan  $\lambda/4$  uzaklığa yerleştirilmiştir.

Kullanılabilecek EDF'a göre  $\lambda/4$  değeri 53 cm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. Oda içerisinde ölçüm problemlerinin yerleşim şekli



Şekil 4. Yansımali odanın şematik diyagramı

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bir odanın, yansımali oda test ortamı olup olmadığını belirleyebilmek için en önemli kriterlerden bir tanesi elektrik alan düzgünlüğünün oda içerisinde sağlanmasıdır. Bir odanın düzgün bir elektrik alan dağılımına sahip olabilmesi için maksimum elektrik alan seviyelerinin (karıştırıcının her bir dönüş açısı için prob sayısına ölçülen elektrik alan şiddetlerinin maksimumu) standart sapmasının 400MHz üzerinde 3dB'nin altında, 100MHz'den 400MHz'e kadar 4dB'den 3dB'ye kadar lineer olarak azalması ve 100MHz'in altında ise 4dB'nin altında olması gerekmektedir. Dolayısıyla oda içerisinde elektrik alan bileşenlerinin bir birini sönmülmesi yani maksimum elektrik alanların standart sapmalarının 0'a yaklaşması gerekmektedir. Bu amaca ulaşmanın bilinen tek yolu ise başlangıçta değinildiği üzere bir metal karıştırıcı

eklemektir. Kullanılan karıştırıcıların boyutu ve hafifliği oda kurulum maliyetini düşüreceği aşikârdır. Literatürde oda içerisinde elektrik alan düzgünlüğünü sağlamak için bir birlerine göre üstünlükleri nedeni ile farklı karıştırıcılar önerilmektedir (Huang ve ark., 2006; Ubin ve ark., 2015). Ancak bu üstünlüğün yüzey alanından mı yoksa geometrik şekillerinden mi kaynaklandığını belirlemek karıştırıcı optimizasyonu açısından önemlidir. Bu doğrultuda aynı yüzey alanına ve farklı geometrik yapıya sahip karıştırıcılar yansımali oda içerisine yerleştirilerek karıştırıcı şeklinin alan düzgünlüğüne etkisi incelenmiştir.

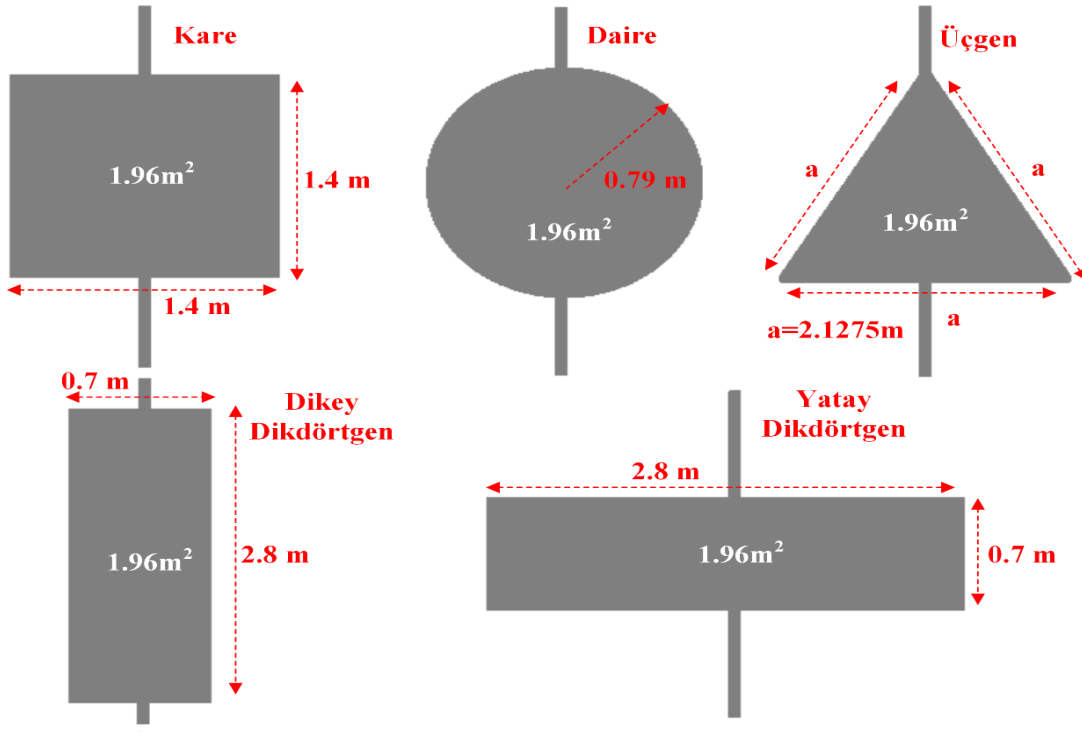
Yansımali oda içerisinde karıştırıcı şekillerinin elektrik alan düzgünlüğü üzerine etkisini belirleyebilmek için Şekil 5'de gösterilen ve her biri 1,96m<sup>2</sup> olacak şekilde eşit alan büyüklüğüne sahip 5 farklı karıştırıcı (Kare, daire,

üçgen, yatay dikdörtgen, dikey dikdörtgen) ele alınmıştır. İlk olarak bir kenarı 1.4 m boyutunda olan kare şekil (Yüzey alanı 1.96 m<sup>2</sup>) kullanılmıştır. Benzetim programı kullanılarak, karıştırıcının 10 farklı dönüş açısı (18°, 36°, 52°, 72°, 90°, 108°, 126°, 144°, 162°, 180°) için 140MHz-600MHz frekans aralığında 5MHz adımlar ile elektrik alan seviyeleri ölçülmüştür. Daha sonra maksimum elektrik alan şiddetleri her bir açı değeri için seçilmiştir. Denklem (2) ve Denklem (3) birlikte kullanılarak maksimum elektrik alan şiddetleri için standart sapmalar her bir frekans değeri için ayrı ayrı hesaplanmış ve Şekil 6 ile gösterilen sonuçlar elde edilmiştir.

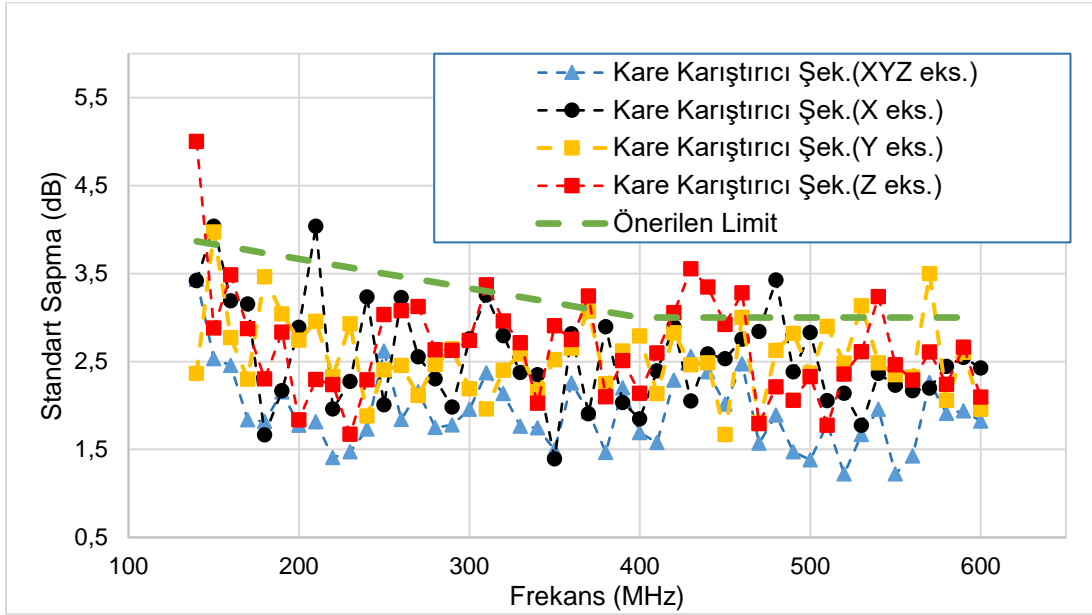
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n (E_{m,n} - E_{m \times n})^2}{(m \times n) - 1}} \quad (2)$$

$$\sigma = 20 \log \left( \frac{\sigma + E_{m \times n}}{E_{m \times n}} \right) \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

Denklem 2'de kullanılan  $E_{m \times n}$  ifadesi maksimum elektrik alanların ortalamasını bulmak,  $E_{m \times n}$  sırasıyla sondaların ölçtüğü değerleri göstermektedir. Bu test modeli için  $m \times n = 15$  olarak hesaplanmaktadır (Hong, 2010).



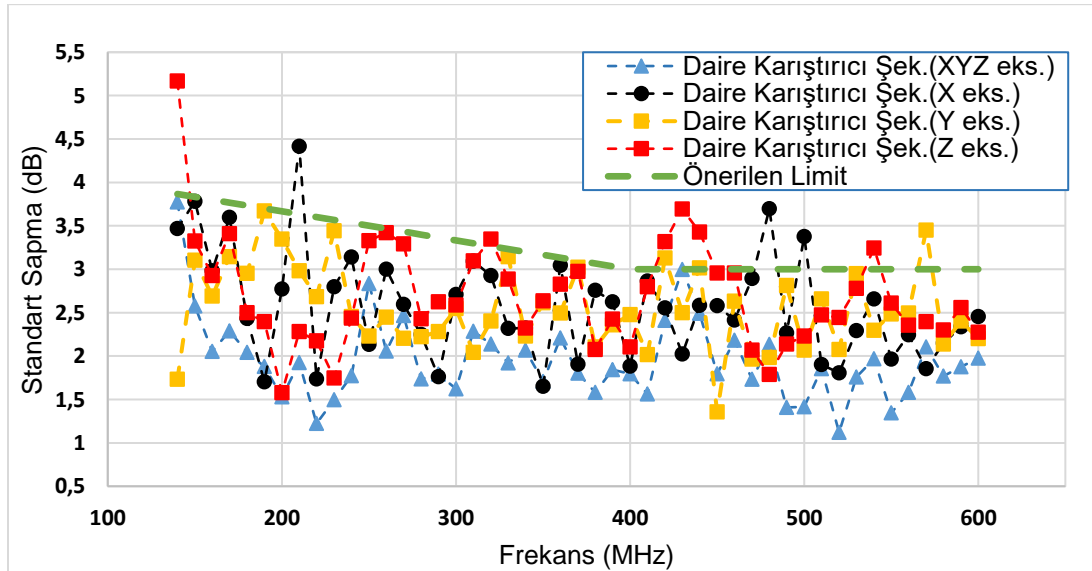
Şekil 5. Aynı yüzey alanına sahip farklı karıştırıcı şekilleri



**Şekil 6.** Kare karıştırıcı (kenar uzunluğu = 1,4 m, yüzey alanı = 1,96m<sup>2</sup>) elde edilen maksimum elektrik alanların standart sapma grafiği

Kare karıştırıcı için kenar uzunluğu 1,4m ve yüzey 1,96 m<sup>2</sup>dir. Benzetim 140-600MHz aralığında yapılarak, benzetim sonucu elde edilen maksimum elektrik alanların standart sapması hesap edilip tüm bant boyunca çizdirildiğinde Şekil (6) elde edilir. Şekil 6'den de görüleceği üzere X eksen için 3, Y eksen için 3, Z eksen için ise 8 frekans değerinde önerilen limitler aşılmasına karşın, XYZ mutlak eksen için tüm frekans bandında standart sapma değerleri önerilen limitler altında kalmıştır. Bunun yanında en iyi standart sapma değeri 550 MHz için 1.22dB ile XYZ eksen için elde edilmiştir.

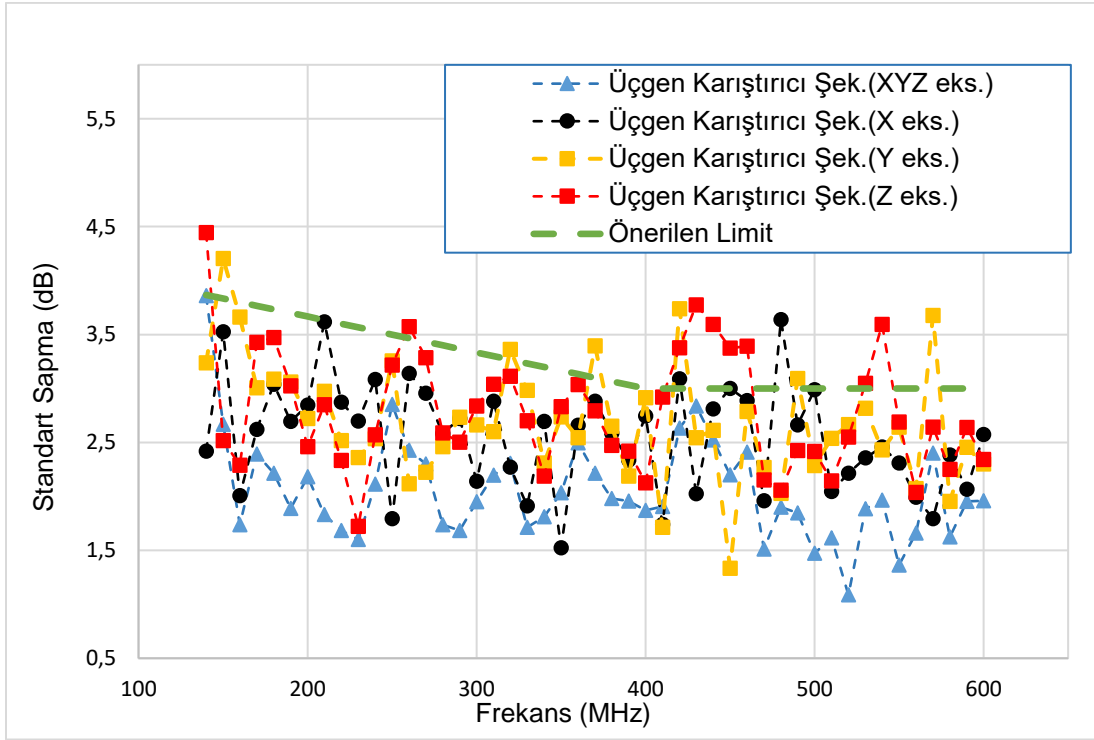
Karıştırıcı şekillerinin alan düzgünlüğüne etkisi incelemek için diğer bir şekil olan daire şekli benzetim programında tasarlanmış ve benzetime tabi tutulmuştur. Şekil 7 bu benzetim sonuçlarını göstermektedir. Şekil 7 incelendiğinde X eksen için 3, Y eksen için 3, Z eksen için 6 frekans değerinde önerilen limit aşılmıştır. Dolayısıyla 1.96 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip daire şekilli bir karıştırıcı ile tasarlanan oda elektrik alan düzgünlüğü açısından yansımali oda olarak kullanımı uygundur değildir denilebilir.



**Şekil 7.** Daire şekilli karıştırıcı (Yarıçap = 0,79 m, yüzey alanı = 1,96m<sup>2</sup>) elde edilen maksimum elektrik alanların standart sapma grafiği

Karıştırıcının geometrik görünümünün üçgen şekilli olarak seçilmesi üçüncü inceleme başlığı olarak karşımıza çıkmaktadır. Üçgen geometri için elde edilen değerler Şekil 8 ile verilmektedir. Diğer örneklerde olduğu üzere üçgen şekilli karıştırıcı için 140-600 MHz frekans aralığında karıştırıcının farklı açıları için sonuçlar elde edilmiştir. Grafiğe göre XYZ mutlak eksen için tüm frekans değerlerinde önerilen limitlerin altında değerler elde edilirken en iyi değer 520 MHz'de 1.08 dB değeriyle elde

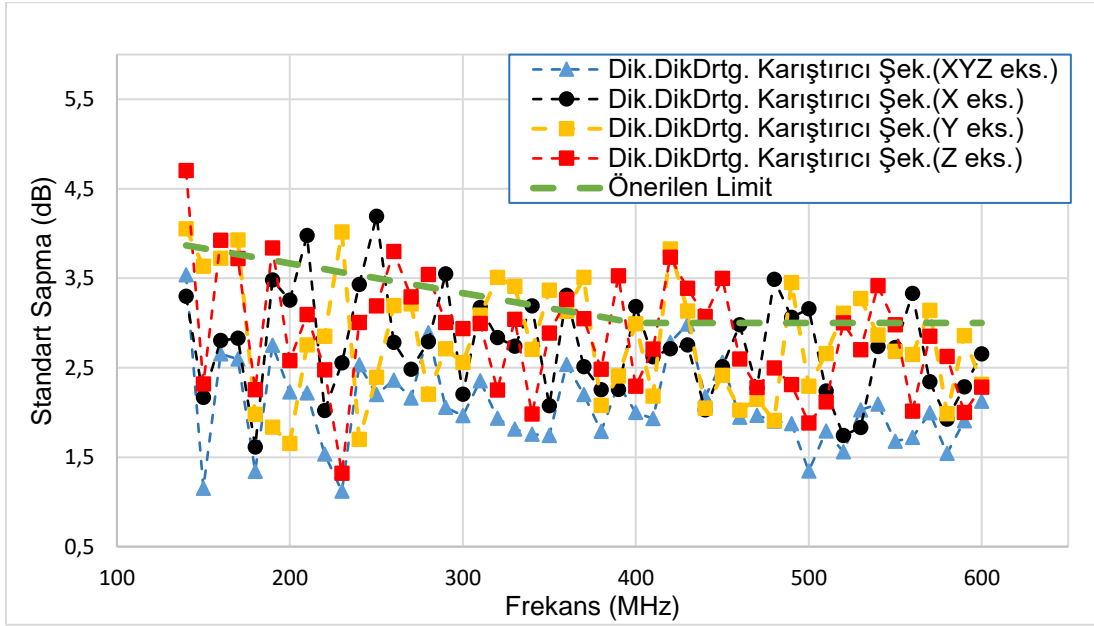
edilmiştir. Bunun yanında X eksenin 3, Y ekseninde 6 ve Z ekseninde 9 frekans değerinde standart tarafından belirlenen limitler aşılmıştır. Bu durumda üçgen şekilli ve 1.96m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip karıştırıcı ile yapılan oda tam bir yansımali oda olarak kullanılması elektrik alan düzgünlüğü noktasında mümkün değildir denilebilir.



**Şekil 8.** Üçgen şekilli karıştırıcı (Kenar Uzunluğu = 2,1275 m, yüzey alanı = 1,96m<sup>2</sup>) elde edilen maksimum elektrik alanların standart sapma grafiği

Karıştırıcı şeklinin elektrik alan düzgünlüğüne etkisini anlamak için incelenen dördüncü karıştırıcı ise kısa kenarı 0.7m ve uzun kenar 2.8m (yüzey alanı 1.96m<sup>2</sup>) olan (oda içerisine düşey yerleştirilmiş) bir metal yapıdır. Diğer örneklerde olduğu üzere 140MHz ile 600MHz arasında 5MHz adımlarla incelenmiş ve sonuçlar Şekil (9) üzerinde gösterilmiştir. Şekil 9'a göre XYZ mutlak eksen

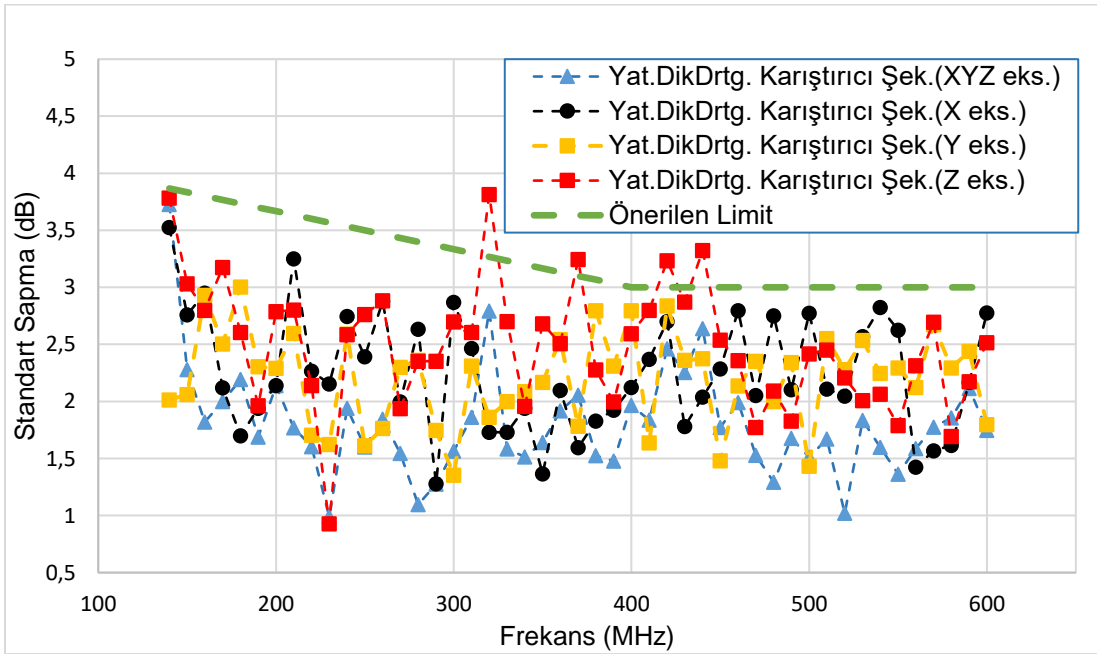
için tüm frekans değerlerinde önerilen limitlerin altında kalınmıştır. Bunun yanında X düzlemi için 9, Y düzlemi için 13, Z düzlemi için ise 12 frekans değerinde önerilen limit değerleri aşılmıştır. Aynı zamanda kare, daire ve üçgen şekilli karıştırıcılara göre daha kötü performans gösterdiği Şekil 6-9'dan görülmektedir.



**Şekil 9.** Dikey dikdörtgen şekilli karıştırıcı (Kısa kenar uzunluğu = 0,7 m, Uzun kenar uzunluğu = 2,8 m, yüzey alanı = 1,96m<sup>2</sup>) elde edilen maksimum elektrik alanların standart sapma grafiği

Son olarak yatay konumlanmış dikdörtgen (Kısa kenar uzunluğu = 0,7 m, Uzun kenar uzunluğu = 2,8 m, yüzey alanı = 1,96m<sup>2</sup>) incelenmiş ve sonuçlar Şekil 10'da gösterilmiştir. Şekil 10 incelendiğinde yatay dikdörtgen yapıyla tasarlanan yansımali oda için elde edilen standart sapma değerleri XYZ, X ve Y eksenleri için tüm bant boyunca istenilen seviyelerde elde edilirken, Z eksenleri için

ise sadece 4 frekans değerinde önerilen limitlerin üstünde kalmıştır. Bunun yanında en iyi standart sapma değeri Z eksenleri için 0,92 dB ile 230 MHz'de elde edilmiştir. Ayrıca aynı kenar ve alan büyüklüğüne sahip dikey dikdörtgen karıştırıcıya göre de çok daha iyi bir performans sergilediği Şekil 9 ve 10'dan görülmektedir.

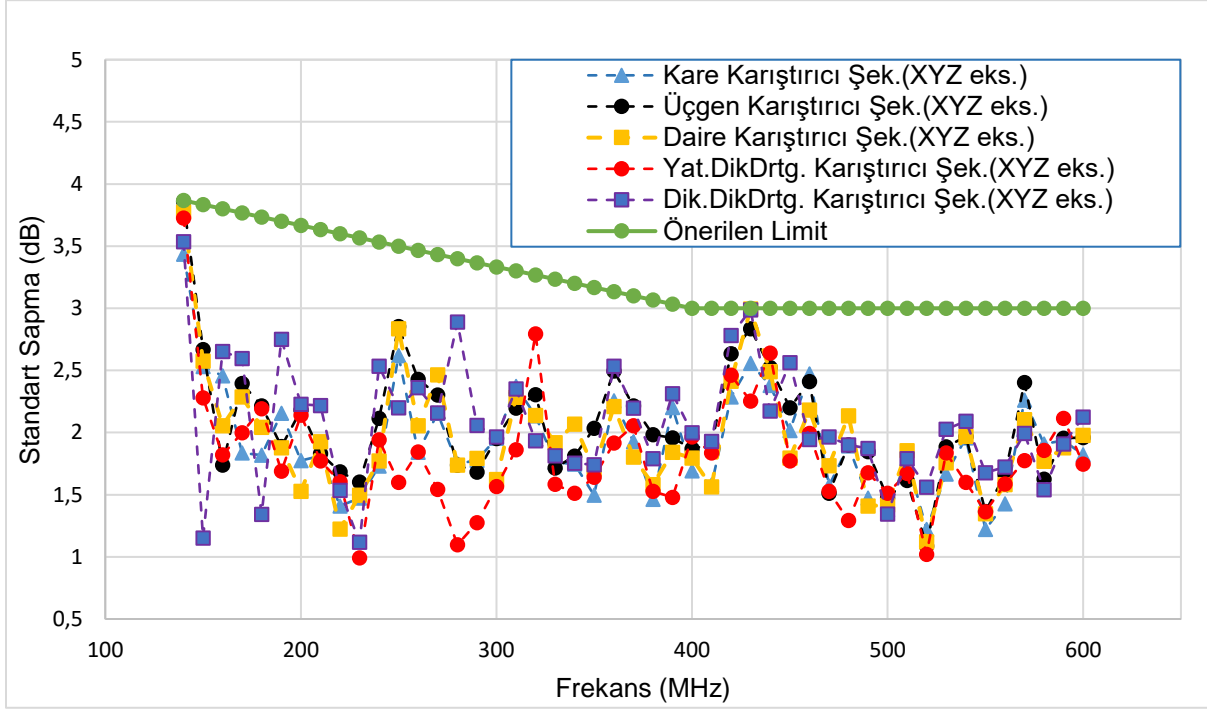


**Şekil 10.** Yatay dikdörtgen şekilli karıştırıcı (Kısa kenar uzunluğu = 0,7 m, Uzun kenar uzunluğu = 2,8 m, yüzey alanı = 1,96m<sup>2</sup>) elde edilen maksimum elektrik alanların standart sapma grafiği



Tüm bunlarla beraber aynı yüzeY alanına sahip farklı geometrik şekilli karıştırıcıların elektrik alan düzgünlüğüne etkisini tüm eksenler için görüp kıyas etmek için elde edilen test verilerinden Şekil 11-14 geometrik şekillere ve eksenlere göre ayrı ayrı olmak üzere çizdirilmiştir. Ayrıca tüm karıştırıcı şekillerinin eksenler için ortalaması alınarak Tablo 1'de verilmiştir. Şekil 11 XYZ eksenini için verilmiş ve tüm karıştırıcı şekillerine göre standart sapmalar

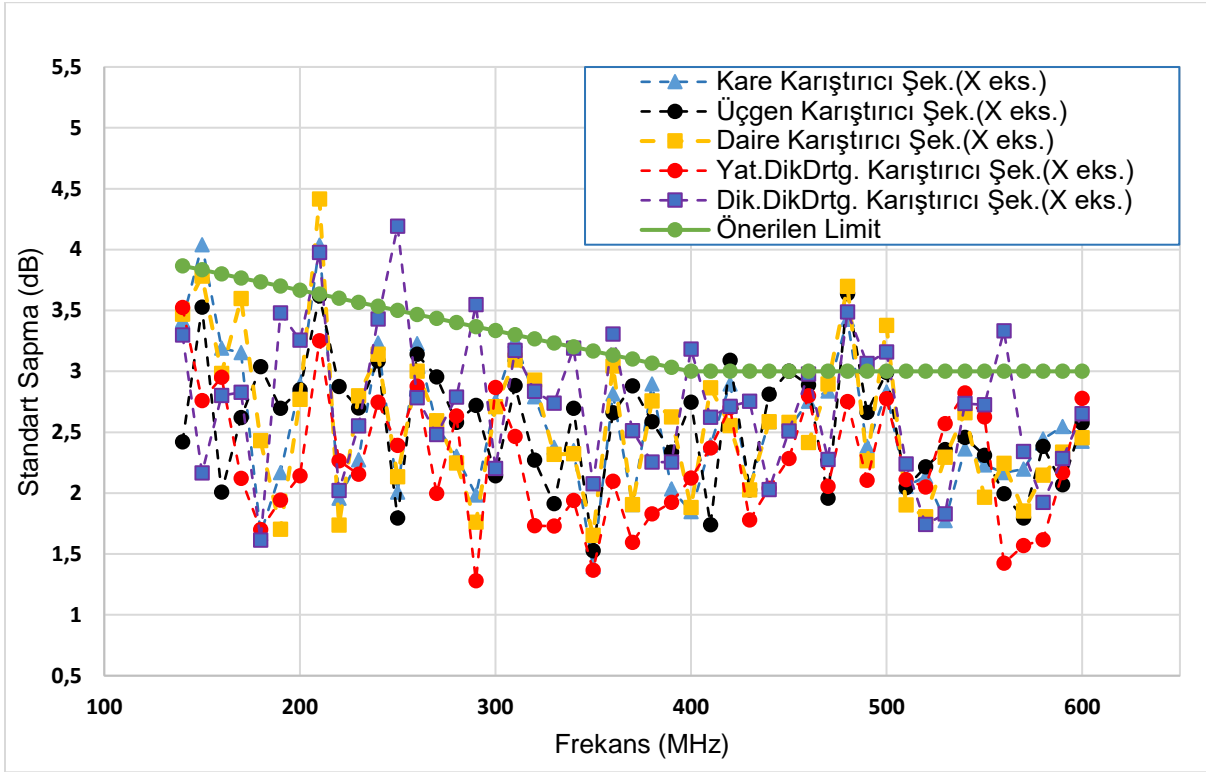
önerilen limitlerin altında kalmıştır. Ayrıca Tablo 1 incelendiğinde yatay dikdörtgen şekilli karıştırıcı ile yapılan yansımali odada ölçülen maksimum elektrik alanların standart sapmalarının ortalaması XYZ mutlak eksen için 1,814 dB değeriyle diğer karıştırıcı şekillerine göre daha iyi bir sonuç vermiştir.



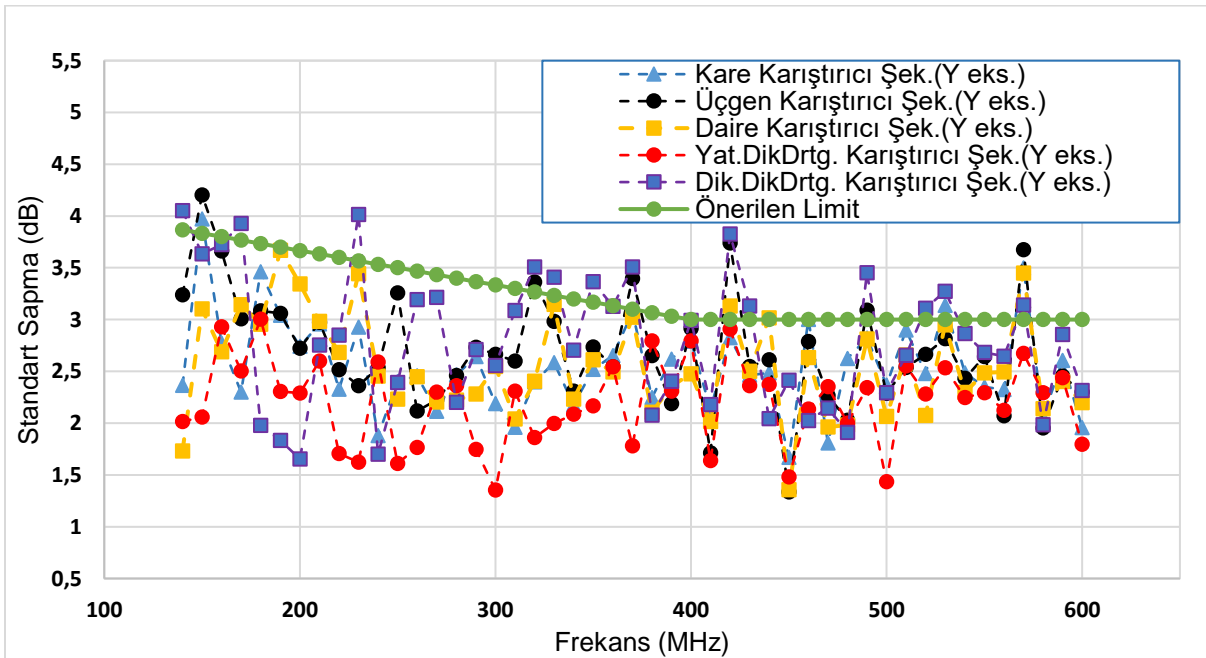
Şekil 11. Karıştırıcının tüm şekilleri için elde edilen standart sapma kıyas grafiğı (XYZ eksenini)

Şekil 12 X- eksenini için verilmiş olup Tablo 1 ile beraber incelendiğinde yatay dikdörtgen yapısına sahip karıştırıcı ile yapılan yansımali oda benzetim sonucuna göre 2,27 dB ortalama standart sapma değeriyle diğerlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Ayrıca Tablo

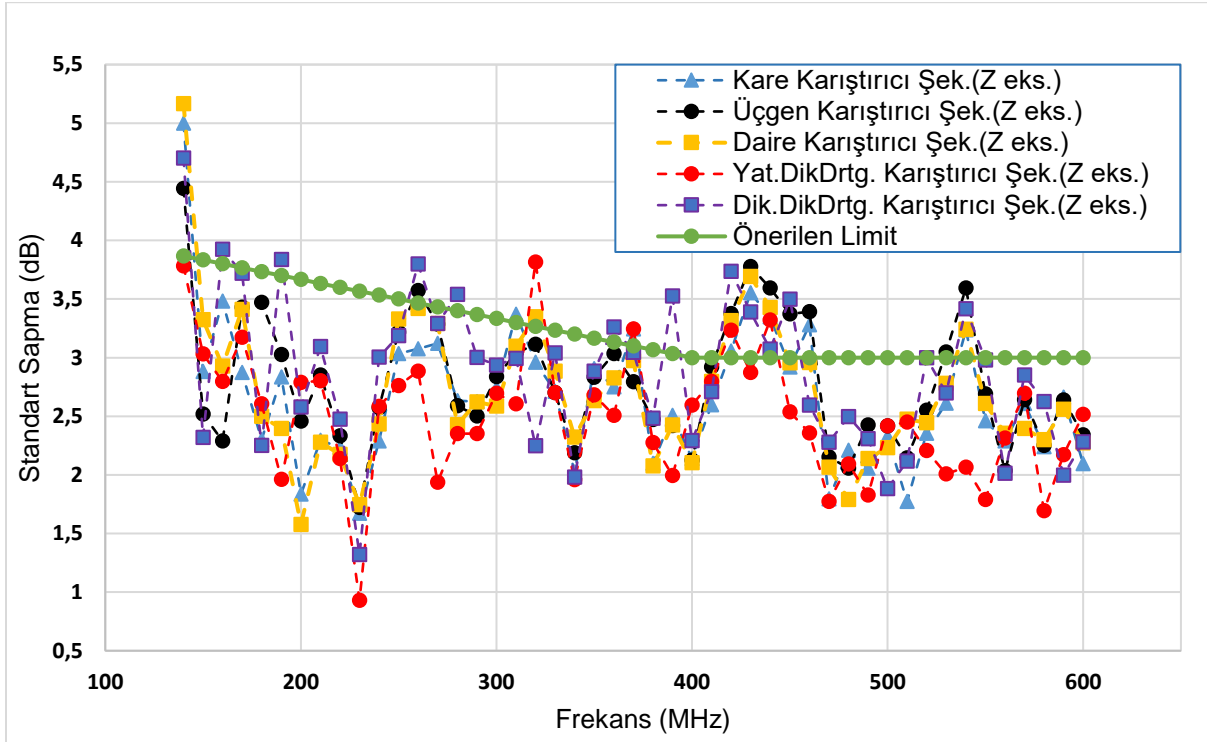
1 ve Y ve Z eksenleri için verilen Şekil 13 ve 14'de de yatay olarak yerleştirilmiş dikdörtgen yapısının diğer karıştırıcılara göre daha üstün standart sapma değerlerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 12. Karıştırıcının tüm şekilleri için elde edilen standart sapma kıyas grafiği (X ekseni)



Şekil 13. Karıştırıcının tüm şekilleri için elde edilen standart sapma kıyas grafiği (Y ekseni)



Şekil 14. Karıştırıcının tüm şekilleri için elde edilen standart sapma kıyas grafiği (Z eksen)

Tablo 1. Karıştırıcı şekillerine göre maksimum elektrik alanların standart sapma değerlerinin bant boyunca ortalama değerleri

Eksenler	Maksimum Elektrik Alanların Standart Sapmaları (dB)				
	Kare Şek. Kar.	Üçgen Şek. Kar.	Daire Şek. Kar.	Yatay DikDrtg. Şek. Kar.	Dik DikDrtg. Şek. Kar.
X eksen	2.543	2.559	2.568	<b>2.270</b>	2.730
Y Eksen	2.554	2.691	2.545	<b>2.213</b>	2.798
Z Eksen	2.662	2.793	2.704	<b>2.517</b>	2.865
XYZ Eksen	1.923	2.053	1.955	<b>1.814</b>	2.077

## SONUÇLAR

Sonuç olarak Şekil 11-14 standart sapma grafiklerinden görüleceği üzere tüm eksenler için karıştırıcıların geometrik şeklinin maksimum elektrik alanların standart sapması yani elektrik alan düzgünlüğü üzerine etkisi incelendiğinde, yatay olarak yerleştirilmiş dikdörtgen şekilli karıştırıcı ile tasarlanan odanın tüm çalışma bandı boyunca daha üstün olduğu görülmektedir. Dahası Tablo 1 incelendiğinde yatay şekilli karıştırıcılar vasıtası ile elde edilen sonuçların standartların isteği değerlerden birkaç frekans istisnası hariç daha iyi olması bir tam

yansımaz oda koşullarına çokça yaklaşıldığını ima eder. Buradan hareket ile kare, üçgen, dairesel ve düşey dikdörtgen geometrik yapılar yerine yatay dikdörtgen karıştırıcılar kullanılmasının daha iyi sonuçlar vereceği aşikârdır.

Yansımali oda hacminin ve frekansının tasarım aşamasında belirlenmesinden dolayı daha sonra değiştirilmelerinin zorluğuna karşılık karıştırıcıların farklı parametreleriyle oynayarak düzgün bir alan oluşturma çalışmaları yapılabilir. Bu çalışmada, karıştırıcı şeklinin optimizasyonu ile karıştırıcı yüzey alanından bağımsız olarak,

standartlar tarafından önerilen değerlere daha çok yaklaşılarak daha doğru ölçümler yapılabilen yansımali oda tasarımlarının yapılabileceği ortaya konulmuştur.

Elektromanyetik testlerinin uygulandığı frekans bant aralığı her geçen gün artarken doğal olarak bu bandın üst frekansı da yükselmektedir. Elde edilen bu sonuçların 600MHz ve üzerindeki frekans bölgesinde ne kadar geçerli olacağı, toplam alan aynı kalmak üzere yükselen frekansa paralel olarak, küçültülmesi halinde farklı karıştırıcı şekillerine sahip karıştırıcılardan elde edilen performansın aynı kalıp kalmayacağı ise gelecekte yürütülecek çalışmalarımızın bir parçası olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Basyigit, I. B., Genc, A., Helhel, S. (2017). Electrical Shielding Effectiveness of Metallic Enclosures; Effect of Source Orientation and Aperture Dimension, Conference: Progress in Electromagnetics Research Symposium - Spring (PIERS) Location: St Petersburg, Russia Date: May 22-25, 2017.
- Besnier, P. ve Démoulin, B. (2011). Electromagnetic Reverberation Chambers. Iste Ltd., England.
- Gradoni, G., Moglie, F., Pastore A.P., Primiani V.M.(2006). Numerical and experimental analysis of the field to enclosure coupling in reverberation chamber and comparison with anechoic chamber. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 48(1): 203-211.
- Hong, J. ve Huh, C. (2010). Optimization of stirrer with various parameters in reverberation chamber. Progress in Electromagnetics Research-pier – Prog Electromagn. Res.104. 15-30. 10.2528/PIER09121610.
- Huang, Y., Abumustafa, N., Wang, Q.G., Zhu X. (2006). Comparison of Two Stirrer Designs for a New Reverberation Chamber. The 2006 4<sup>th</sup> Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics, Book of Proceedings, 450-453p.
- IEC 61000-4-21 (2003). Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-21: Testing and measurement techniques - Reverberation Chamber Test Methods
- Lovat, G. (2007). Electromagnetic Shielding, Wiley-IEEE Press, England.
- Ubin, A.B., Vogt-Ardatjew, R., Leferink, F., MohdJenu M. Z., Van De Beek, S. (2015). Statistical analysis of three different stirrer designs in a reverberation chamber. 2015 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), Taipei, Book of Proceedings, 604-607p.
- Urul, B., Tütüncü, B., Helhel S., (2018). Yansımali Oda İçerisinde Karıştırıcı Konumun Elektrik Alan Düzgünlüğüne Etkisi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, cilt.7, ss.xxx. (Kabul Edildi).
- Urul, B., Başyigit İ.B., Göksu T., Helhel S. (2017). CST Simulation of Reverberation Chamber for Improved Field Uniformity", ELECO 2017 10th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, Bursa, Turkey, 30 Kasım - 30 Aralık 2017, vol.1, no.1, Book of Proceedings 1070-1074p.
- West, J.C., Dixon J.N., Nourshamsi N., Das D.K., Bunting C.F. (2018). Best practices in measuring the quality factor of a reverberation chamber. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 60(3):564-571.
- Weston, D. (1992). Electromagnetic Compatibility: Principles and Applications. Second Edition. CRC Press, USA.