



# INVESTIGATION OF MICROWAVE ABSORPTION PROPERTIES OF MWCNT/FERRITE/EPOXY NANOCOMPOSITES

İrem Nur Ünlü\*<sup>1</sup>, Berat Yüksel Price<sup>1</sup>, Engin Açıklın<sup>2</sup>, Kerim Çoban<sup>2</sup>, İlhami Ünal<sup>2</sup>, Aysun Sayıntı<sup>2</sup>

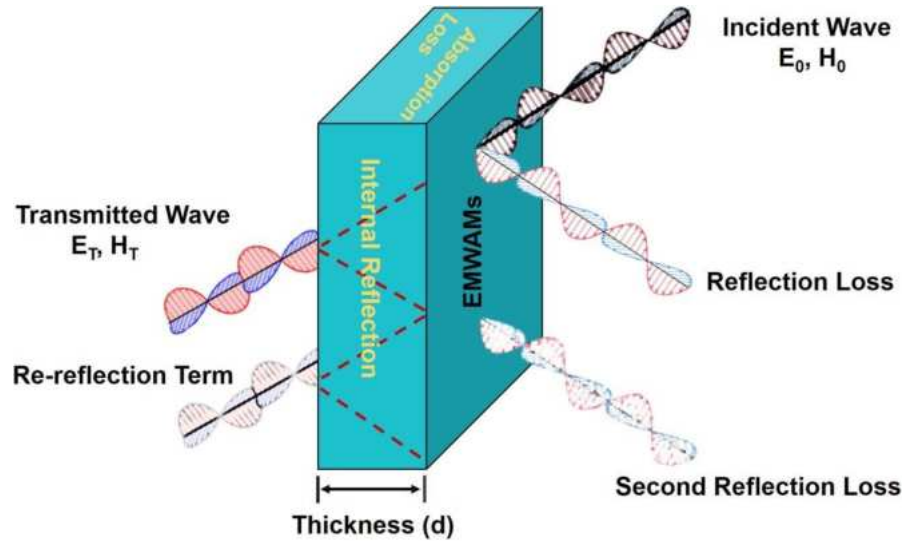
<sup>1</sup>*Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Faculty of Engineering, Metallurgical and Material Engineering Department, İstanbul*

<sup>2</sup>*TÜBİTAK Marmara Research Center, Material Technologies, Gebze, Kocaeli*

# İÇİNDEKİLER

- GİRİŞ
- MALZEME YÖNTEM
- BULGULAR
- SONUÇ

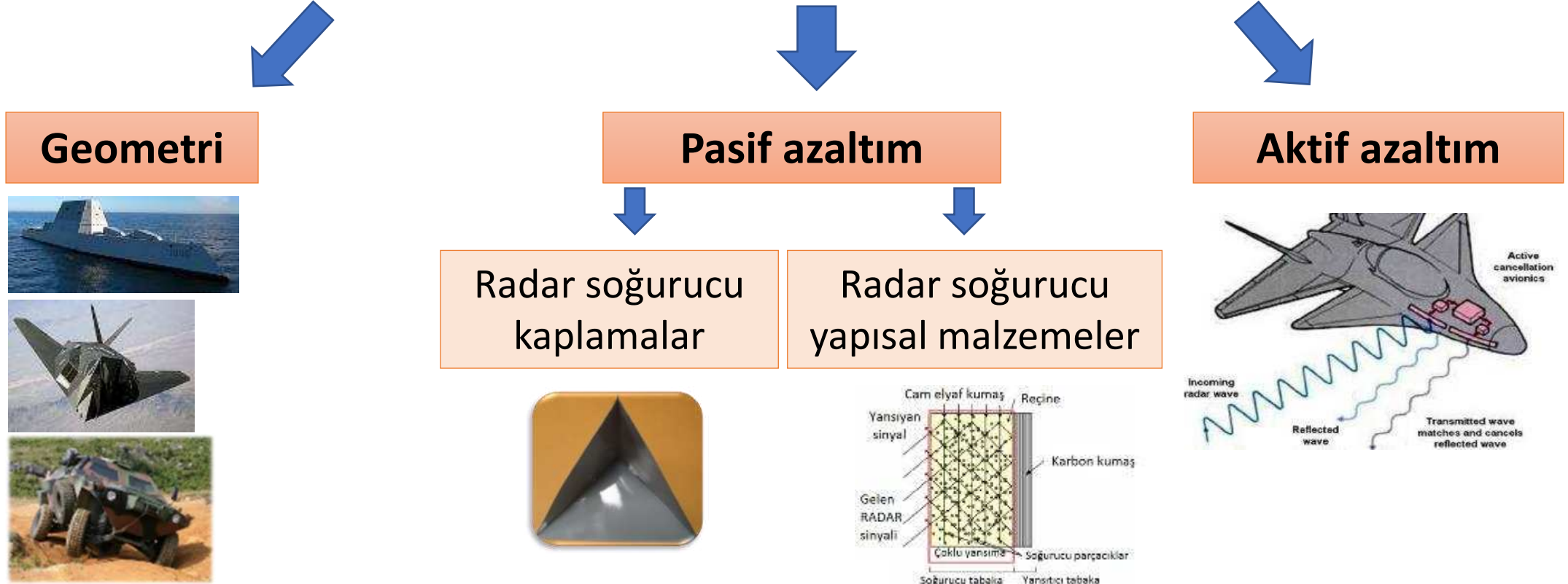
# GİRİŞ



- Absorbantların temel amacı, gelen elektromanyetik (EM) dalgaların yansımalarını engellemektir. [1]

Şekil 1: Elektromanyetik Dalgaların Saçılması [1]

# Düşük Görünürlük



Şekil 2: Görünmezlik Teknolojisi

- Son yıllarda hem ticari, hem de askeri alanlarda teknolojik gelişmeler nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahip **Radar Absorblayıcı Malzeme** (RAM) olan ilgi artmaktadır. [2-4]
- Elektrik ve elektronik sanayindeki gelişmeler sonucunda günlük hayatımızdaki artan cihaz kullanımının yarattığı **elektromanyetik çevre kirliliğinin azaltılması, askeri uygulamalarda gizlilik teknolojisi** gibi uygulamaları için bu malzemelerin **yüksek performanslı bant genişliği ve güçlü emme özelliklerine** sahip olması beklenir. [2-5]

Askeri uygulamalarda gizlilik de hedef yansımalarını en aza indirmek için iki ana strateji önemlidir:

- Gelen radyasyonu dağıtmak için hedef formatının optimizasyonu
- Gelen elektromanyetik enerjiyi ısı enerjisine dönüştürerek yansıyan elektromanyetik enerjiyi en aza indiren ***Radars Absorblayan Malzemelerin*** kullanımı

Üstün özellikleri nedeniyle tercih edilen mikrodalga absorblayıcı kompozit malzemeler, polimer matris içinde dağıtılan ferritler, karbonlar, metal tozları veya seramik malzemelerden oluşturulmaktadır. [2-5]

# MALZEME YÖNTEM

El yatırması üretim tekniği kullanılarak epoksi matrisin katkısız,  $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$  katkılı ve ağırlık % 0.5, 1,5 ve 3 karbon nanotüp içeren  $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$  katkılı gibi farklı radar soğurucu katkılarla elyaf kumaşların kaplanarak radar soğurma özelliklerinin incelenmiştir.



Şekil 3: S Cam elyaf



Şekil 4: S Cam elyaf



Şekil 5: Numune kalıpları

**1. ADIM: S Cam Elyaf**lar 7cm-7cm olan kalıba uygun ve her numune için 10 adet olacak şekilde kesilir.



Şekil 6: Numune kalıpları ve kalıp ayırıcı

**2. ADIM:** Kalıplar, kalıp ayırıcı ile temizlenir.

**3. ADIM:** Numuneler hazırlanırken öncelikli olarak epoksi A komponenti (CEA 1122), köpük kesici (BYK 0.88) ve epoksi B komponenti (CEB 1573) ile karışım hazırlanır.

**4. ADIM:** Hazırlanan karışıma sistemde ferrit var ise %40 ferrit içerecek şekilde 30 nm boyutunda %99.9 saflıkta  $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$  eklenir.

**5. ADIM:** Sistemde karbon nanotüp var ise eklenir ve 1 saat elektrostatik karıştırıcı ile karıştırılır.





**6. ADIM:** Hazırlanan numuneler ve S cam elyaflar sırasıyla kalıba serilir. Bu yöntem **el ile yatırma yöntemi** denir.

**7. ADIM:** Kürlenme işlemi için fırın hazırlanır. Hazırlana numuneler fırına yerleştirilir.

**8. ADIM:** Fırına yerleştirilen kalıplardaki numuneler 2 ton basınç altında 80°C'de 90 dakika, 150°C'de 1 saat ve 180°C'de 1 saat kürlenir. Bu sayede camsı geçiş sıcaklığına ulaşılmış olur.

Şekil 7: Hazırlanan numuneler

Deneysel çalışmalar için 8 adet numune hazırlanmıştır.

### Katkısız

Komponent	gr
CE-A 1122 (Epoxy A)	50
Byk 088	0,6
CE-B 1573 (Epoxy B)	19

### CNT0.5

Komponent	%
CE-A 1122 (Epoxy A)	71,58
COOH-MWCNT	0,50
CE-B 1573 (Epoxy B)	27,20
Byk 088	0,72

### CNT1.5

Komponent	%
CE-A 1122 (Epoxy A)	70,86
COOH-MWCNT	<b>1,50</b>
CE-B 1573 (Epoxy B)	26,93
Byk 088	0,71

### CNT3

Komponent	%
CE-A 1122 (Epoxy A)	69,78
COOH-MWCNT	<b>3,00</b>
CE-B 1573 (Epoxy B)	26,52
Byk 088	0,70

### BF (Ni<sub>0,5</sub>Zn<sub>0,5</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> katkılı)

Komponent	%
CE-A 1122 (Epoxy A)	41,88
Byk 088	0,32
Ferrit	<b>41,88</b>
CE-B 1573 (Epoxy B)	15,92

### FCNT0.5

Komponent	%
CE-A 1122 (Epoxy A)	41,46
COOH-MWCNT	<b>0,50</b>
Ferrit	<b>41,46</b>
CE-B 1573 (Epoxy B)	15,75
Byk 088	0,83

### FCNT1.5

Komponent	%
CE-A 1122 (Epoxy A)	41,04
COOH-MWCNT	<b>1,50</b>
Ferrit	<b>41,04</b>
CE-B 1573 (Epoxy B)	15,60
Byk 088	0,82

### FCNT3

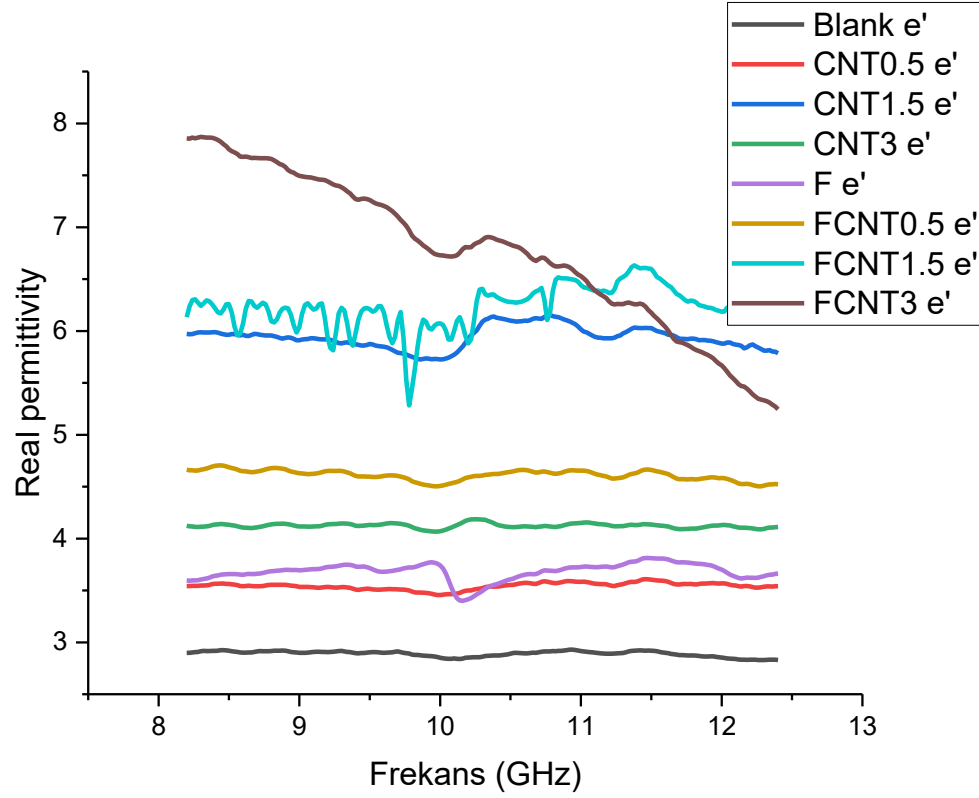
Komponent	%
CE-A 1122 (Epoxy A)	40,38
COOH-MWCNT	<b>3,00</b>
Ferrit	<b>40,38</b>
CE-B 1573 (Epoxy B)	15,34
Byk 088	0,89

painti**stanbul**  
**TURKCOAT**  
**CONGRESS**

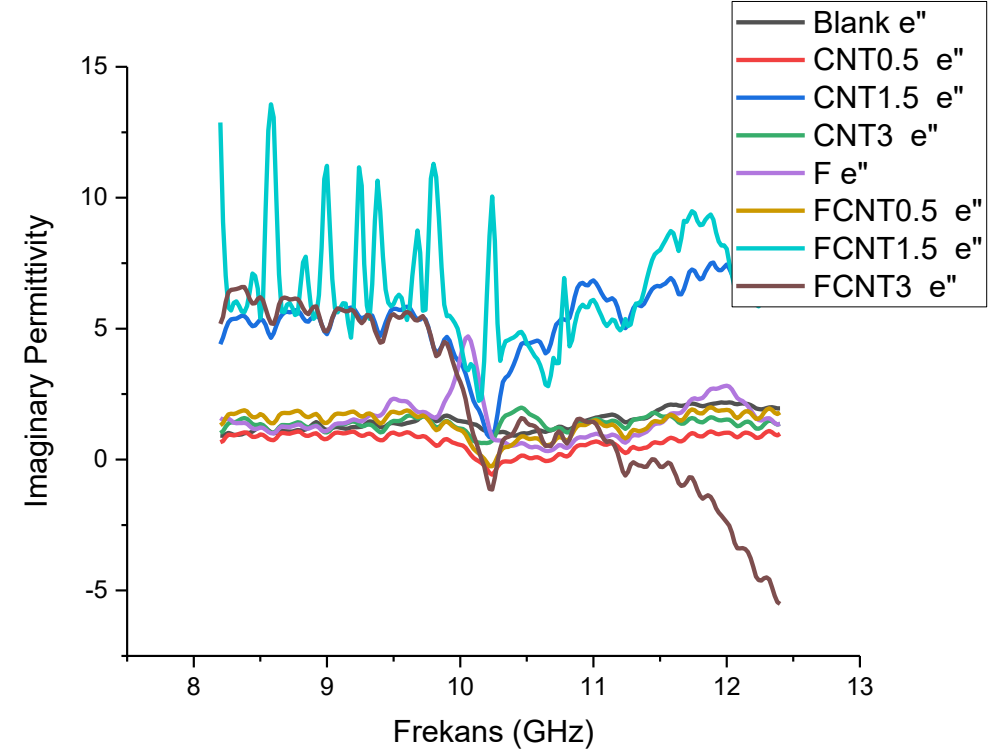
# BULGULAR



## Dielektrik Geçirgenlik (Permitivite) Ölçümleri:

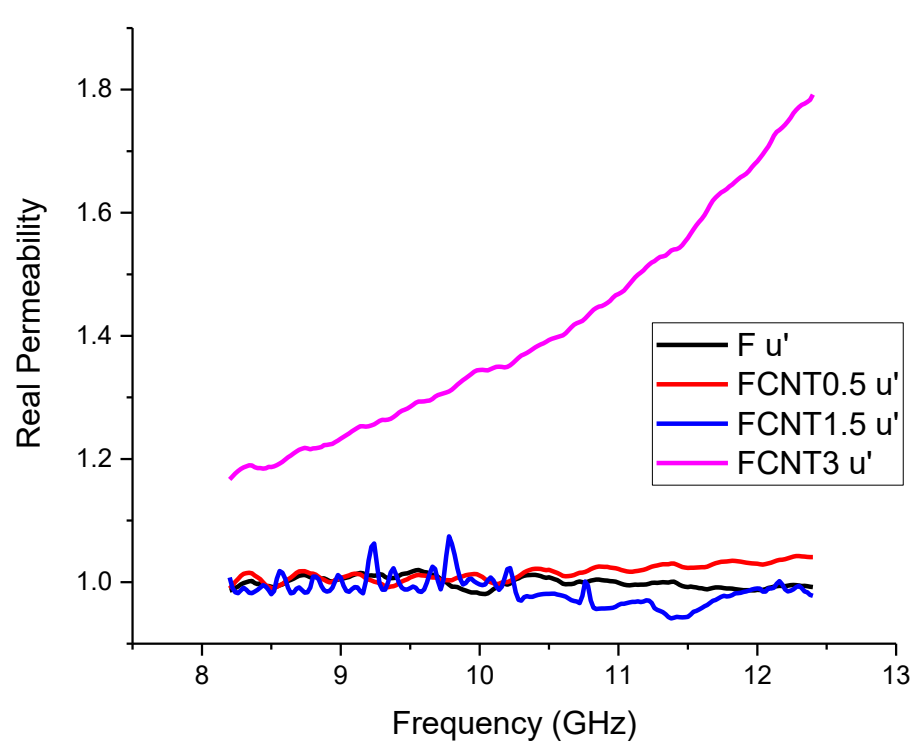


Şekil 8: Dielektrik Permitivite Reel kısım ölçümleri

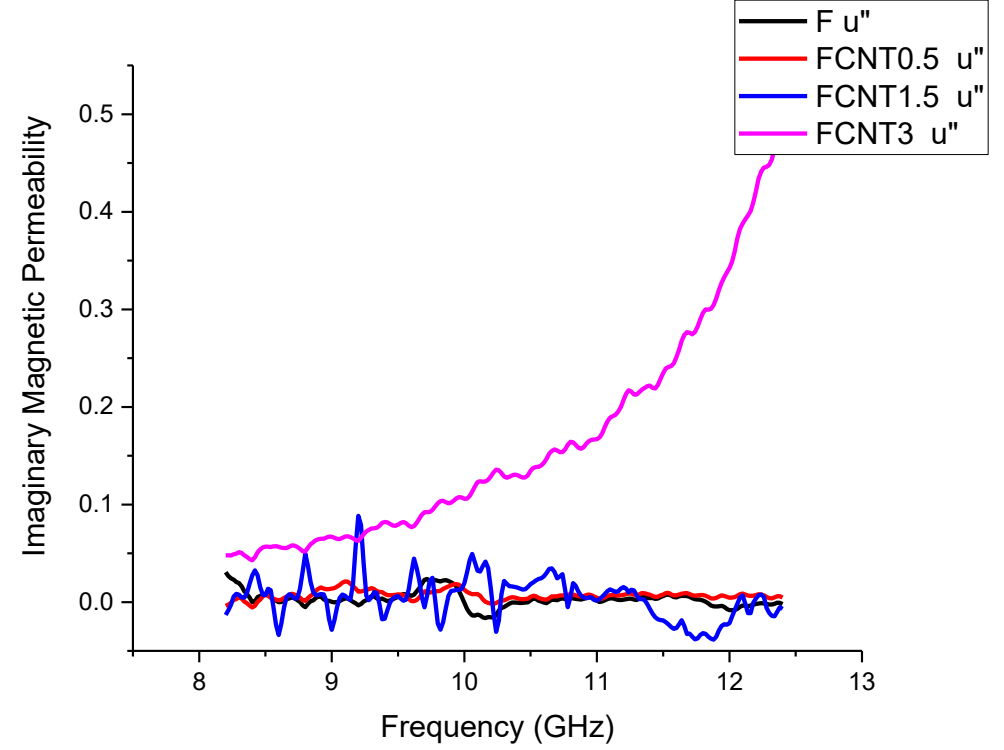


Şekil 9: Dielektrik Permitivite Sanal kısım ölçümleri

## Manyetik Geçirgenlik (Permabilite) Ölçümleri:

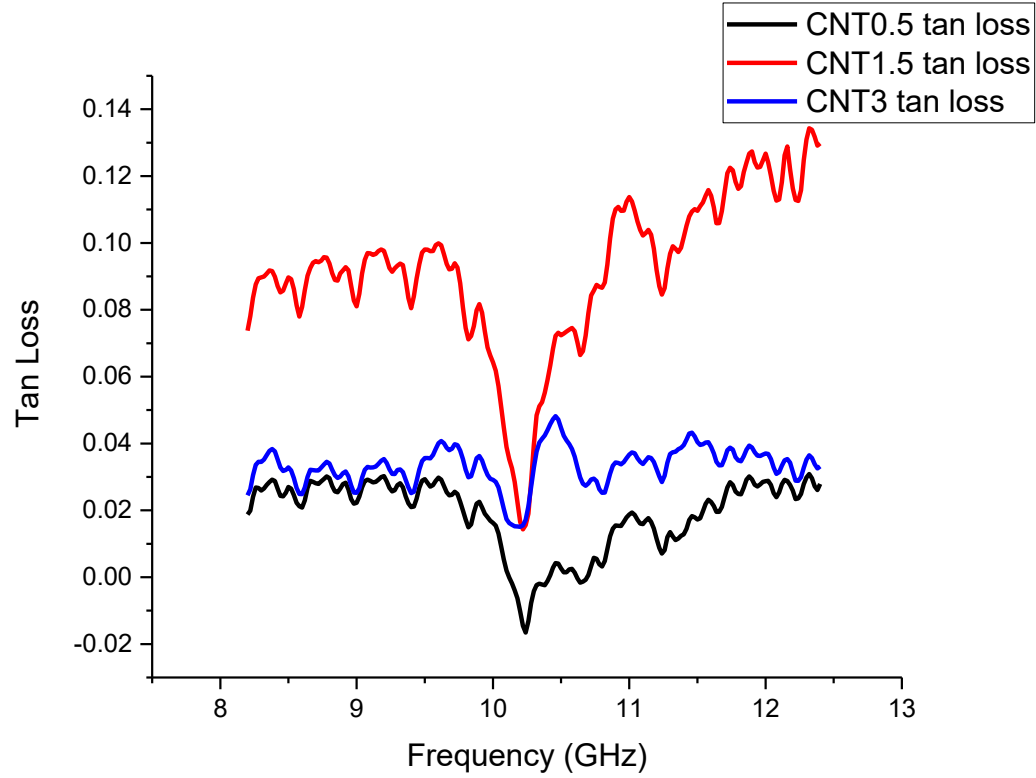


Şekil 10: Manyetik Permabilite Reel kısım ölçümleri

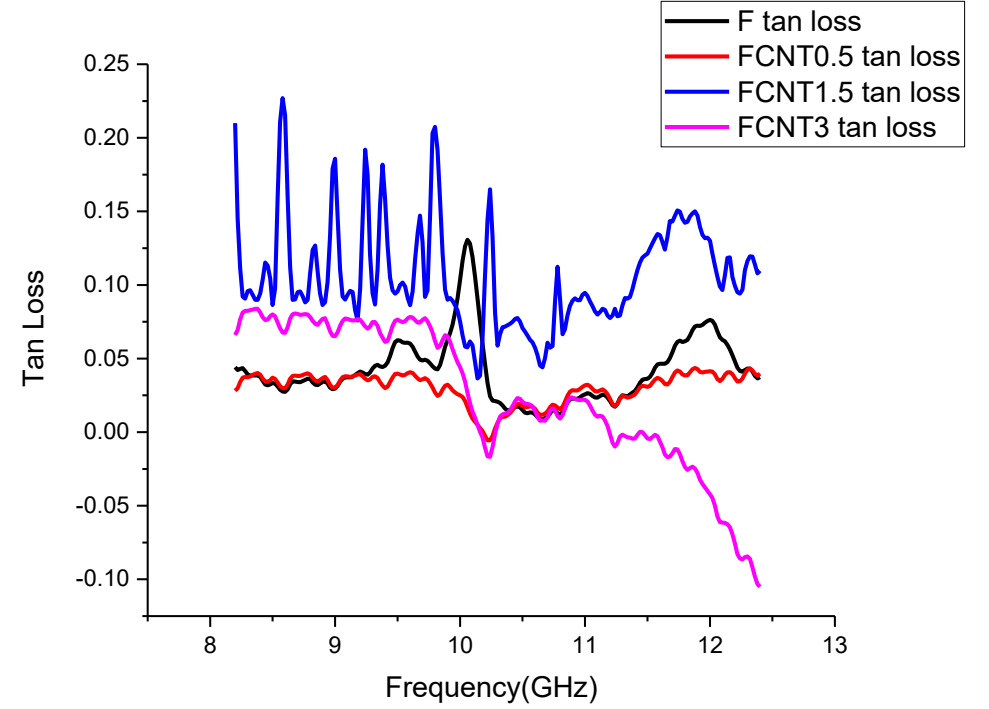


Şekil 11: Manyetik Permabilite Sanal kısım ölçümleri

## Dielektrik Tanjant Kaybı:

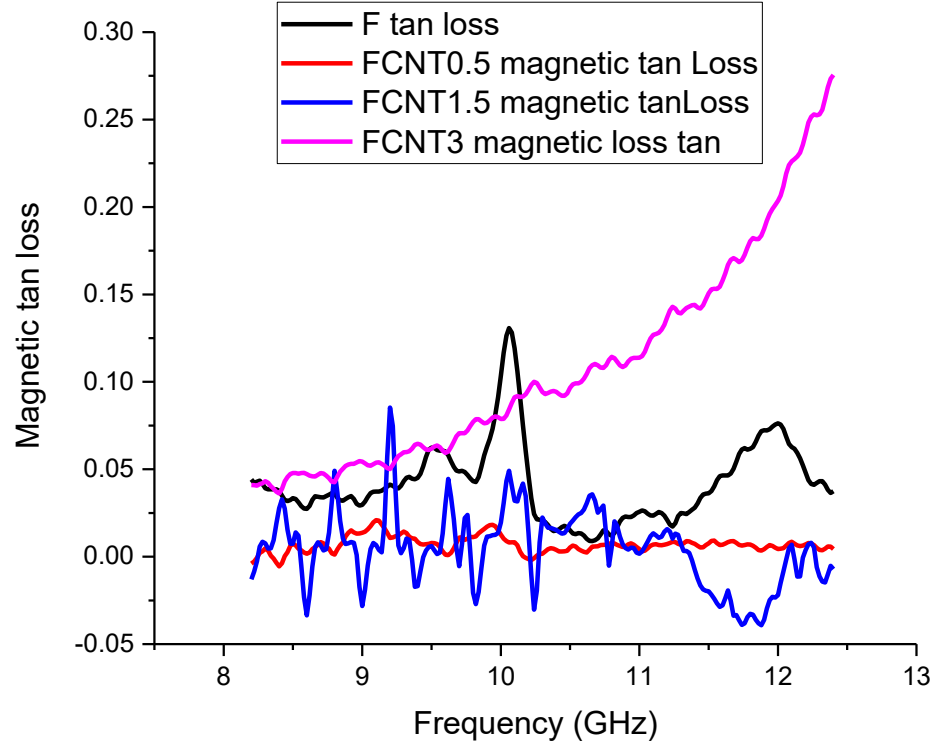


Şekil 12: MWCNT içeren numunelerin Dielektrik Tanjant kaybı



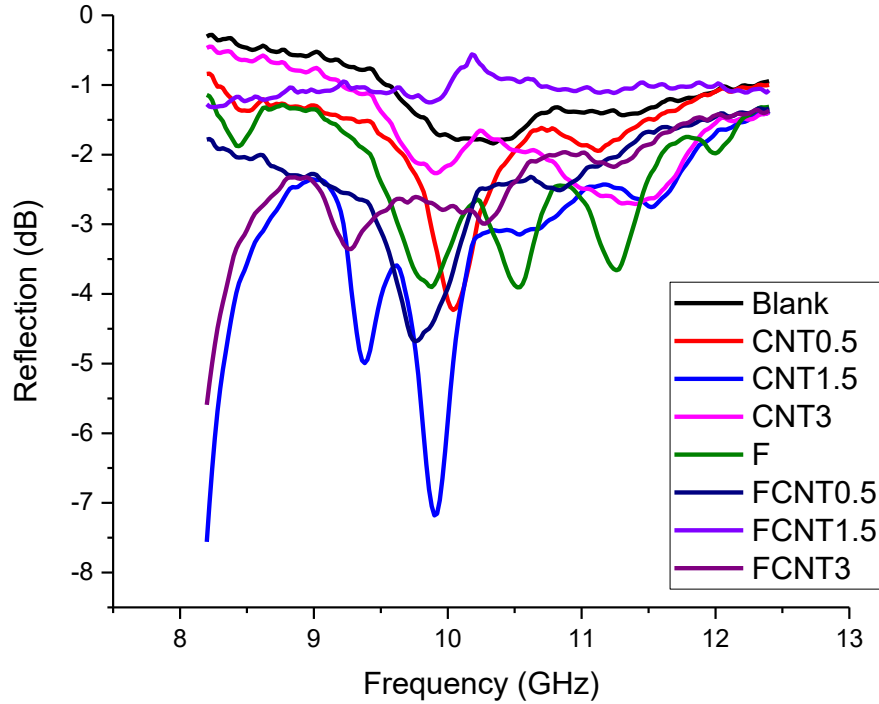
Şekil 13: Ferrit ve Ferrit/MWCNT içeren numunelerin Dielektrik Tanjant kaybı

## Manyetik Tanjant Kaybı:

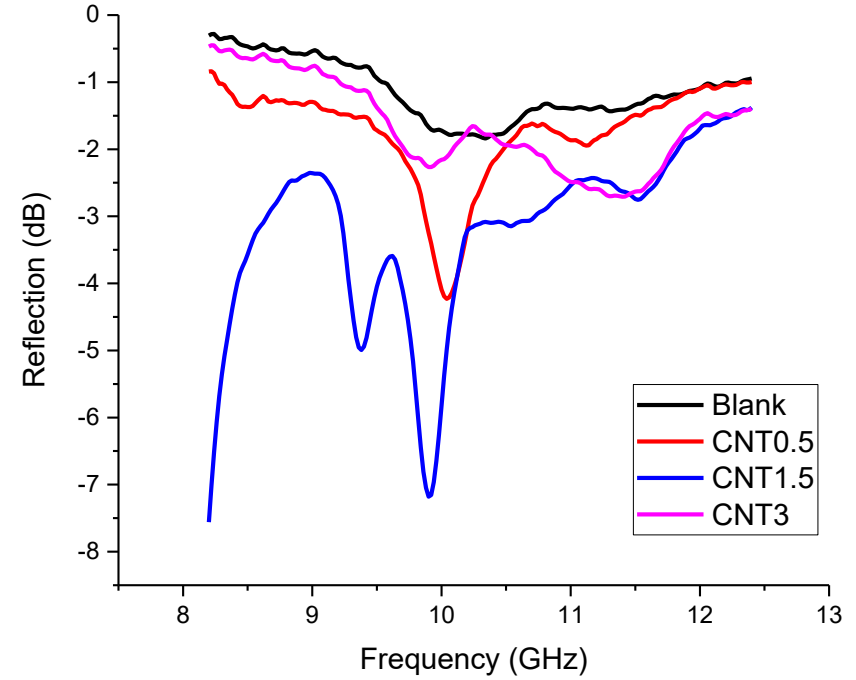


Şekil 14: Ferrit ve Ferrit/MWCNT içeren numunelerin Manyetik Tanjant Kaybı

## Reflektans (Yansıma) Ölçümleri:



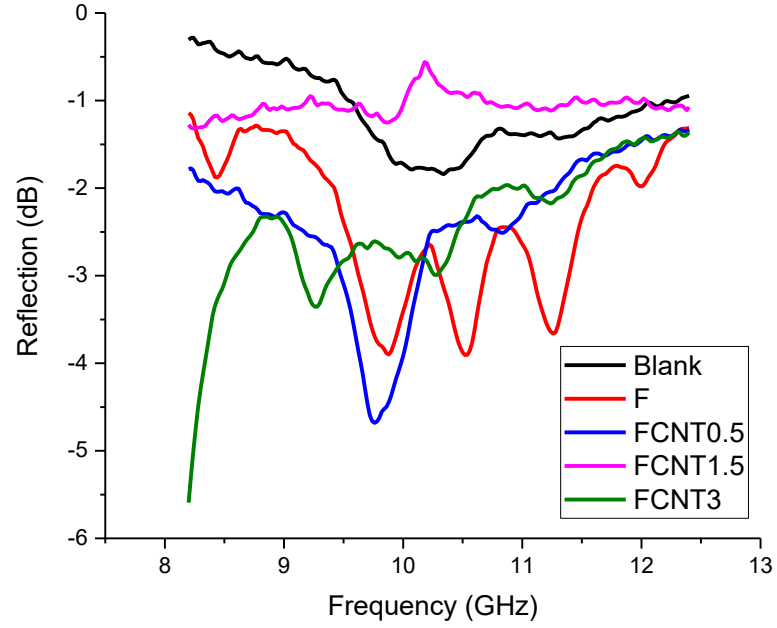
Şekil 15: Numunelerin yansıma ölçümleri toplu sonuçları



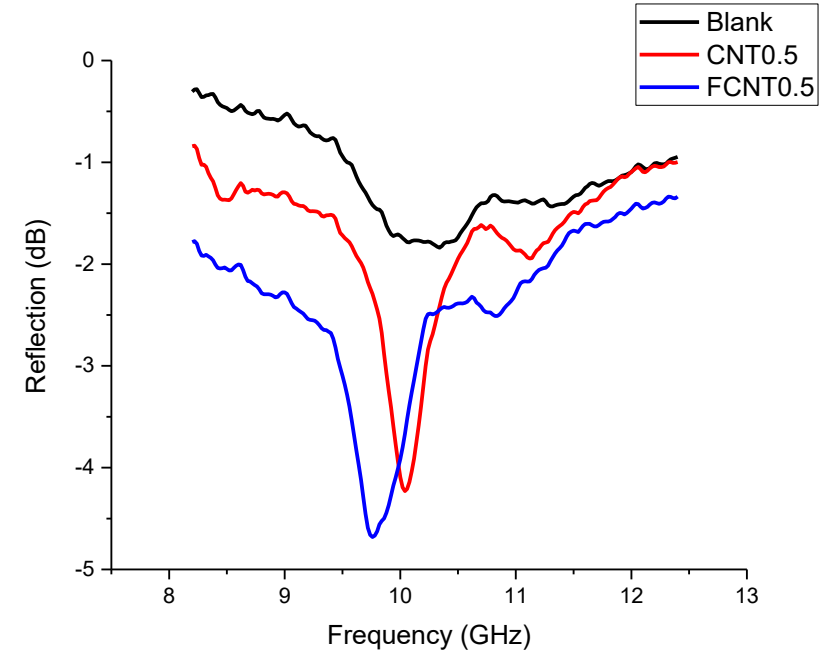
Şekil 16: CNT içeren numunelerin yansıma ölçümleri karşılaştırmalı sonuçları



## Reflektans (Yansıma) Ölçümleri:

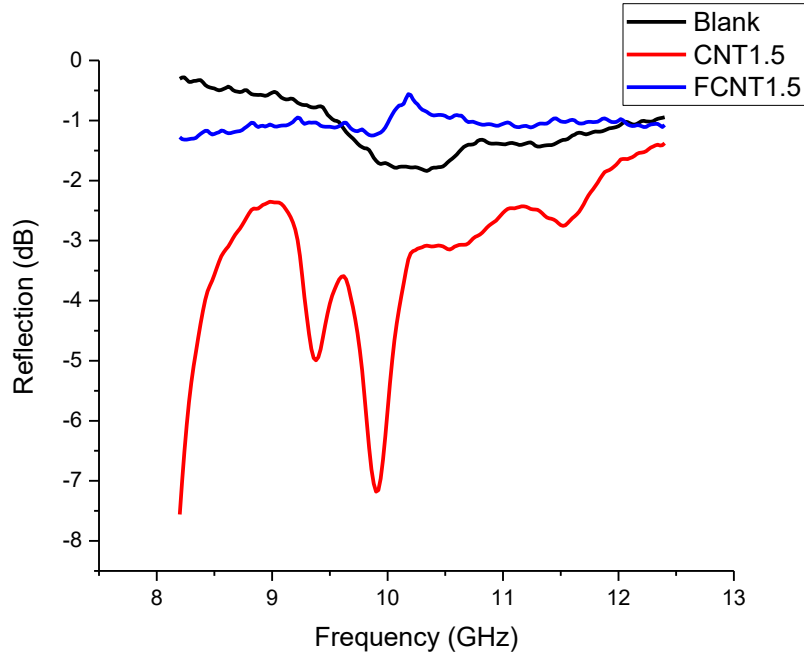


Şekil 17: Nanoferrit ve CNT içeren numunelerin yansıma ölçümleri karşılaştırmalı sonuçları

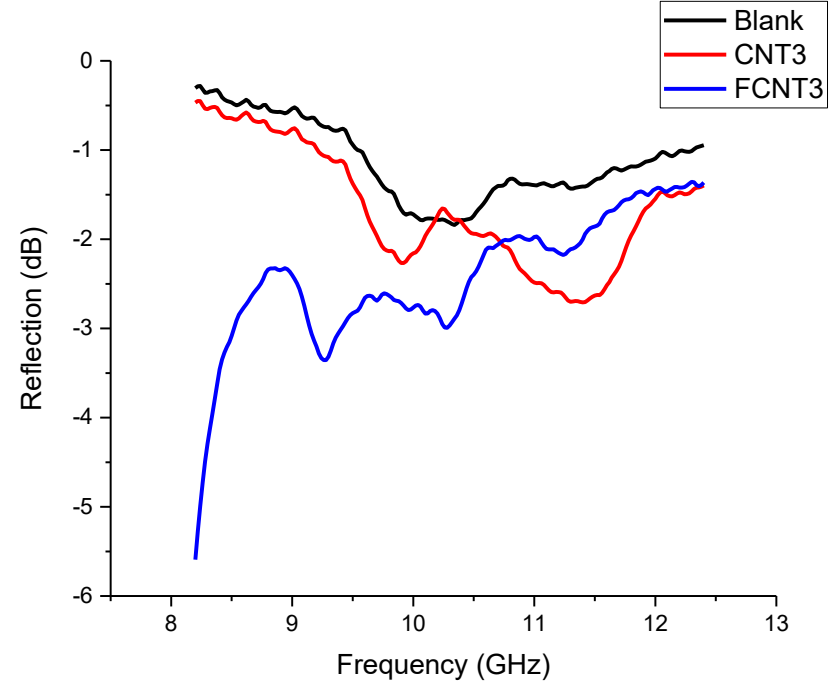


Şekil 18: %0.5 CNT içeren ve %0.5 CNT+Ferrit içeren numunelerin yansıma ölçümleri karşılaştırmalı sonuçları

## Reflektans (Yansıma) Ölçümleri:

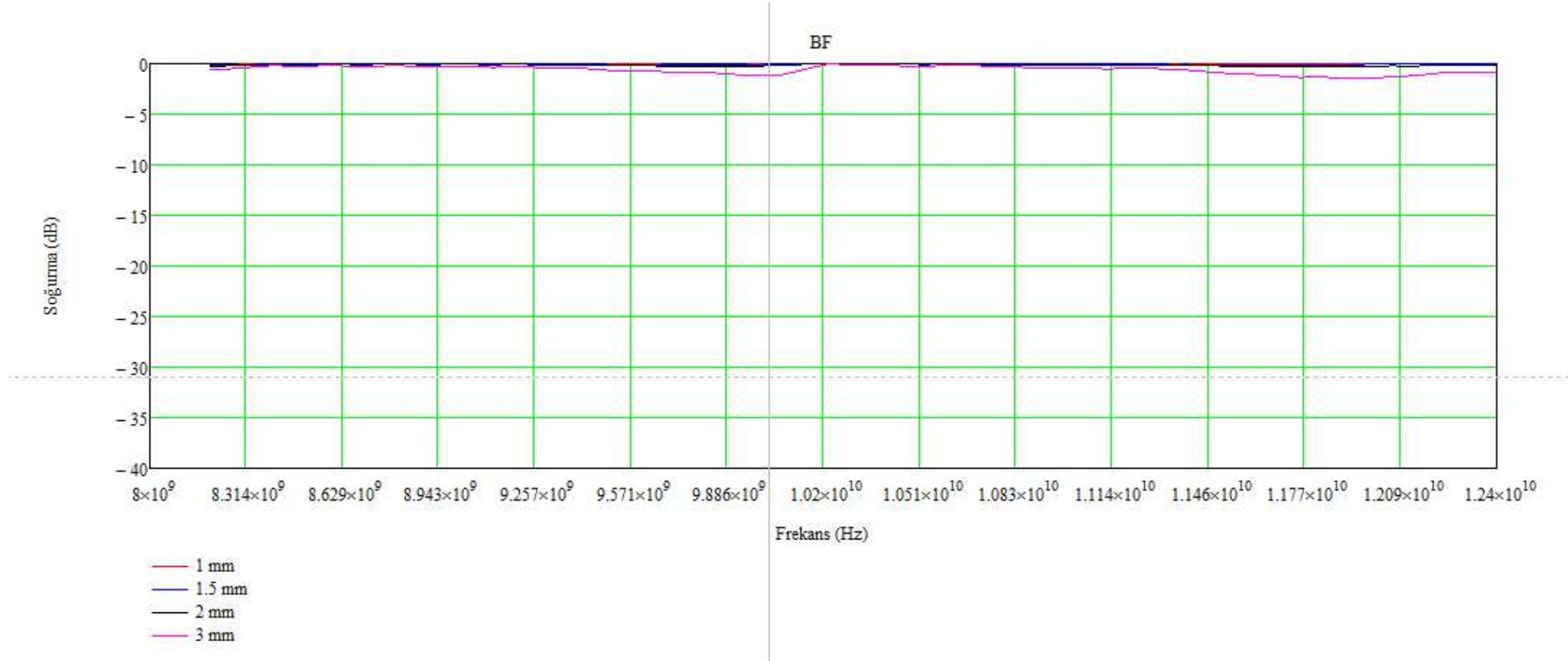


Şekil 19: %1.5 CNT içeren ve %1.5 CNT+Ferrit içeren numunelerin yansıma ölçümleri karşılaştırmalı sonuçları

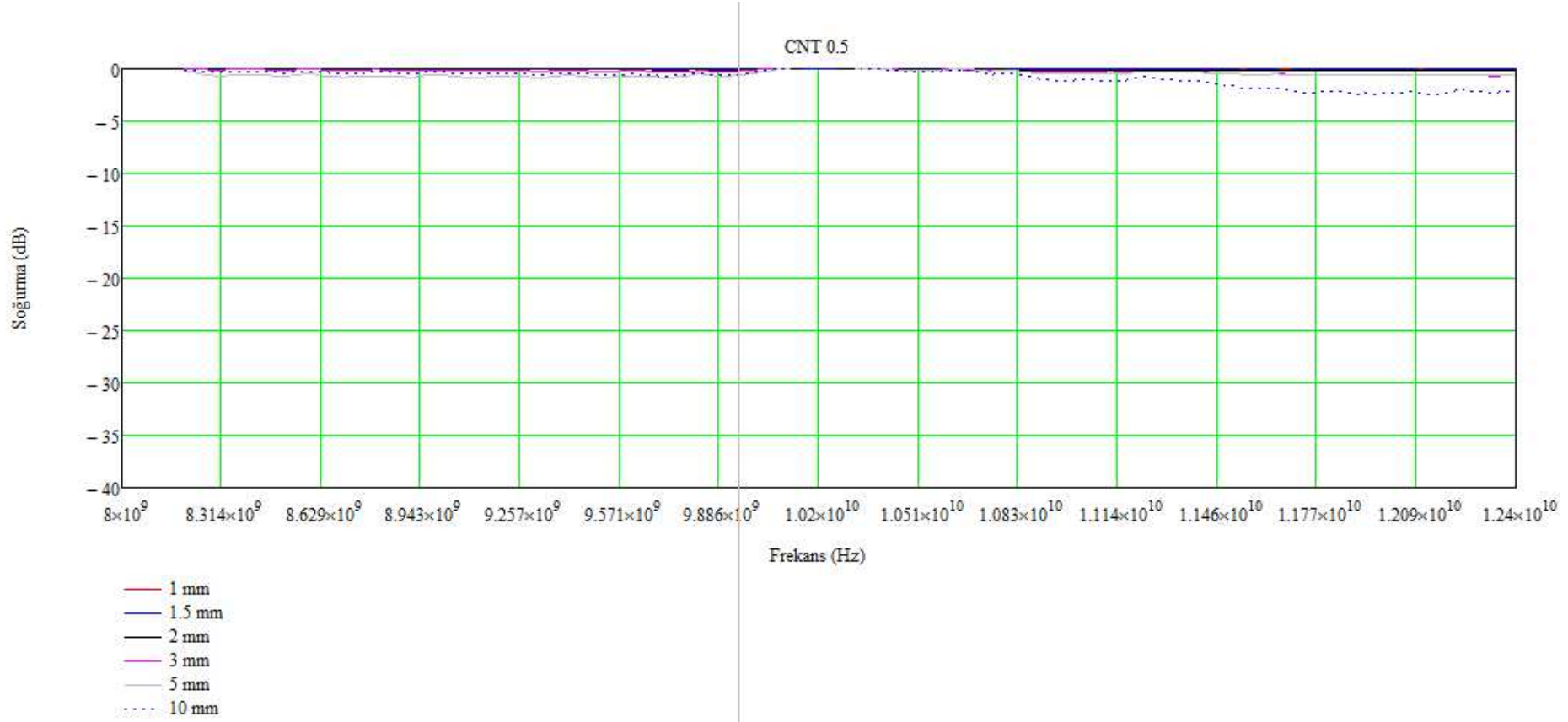


Şekil 20: %3 CNT içeren ve %3 CNT+Ferrit içeren numunelerin yansıma ölçümleri karşılaştırmalı sonuçları

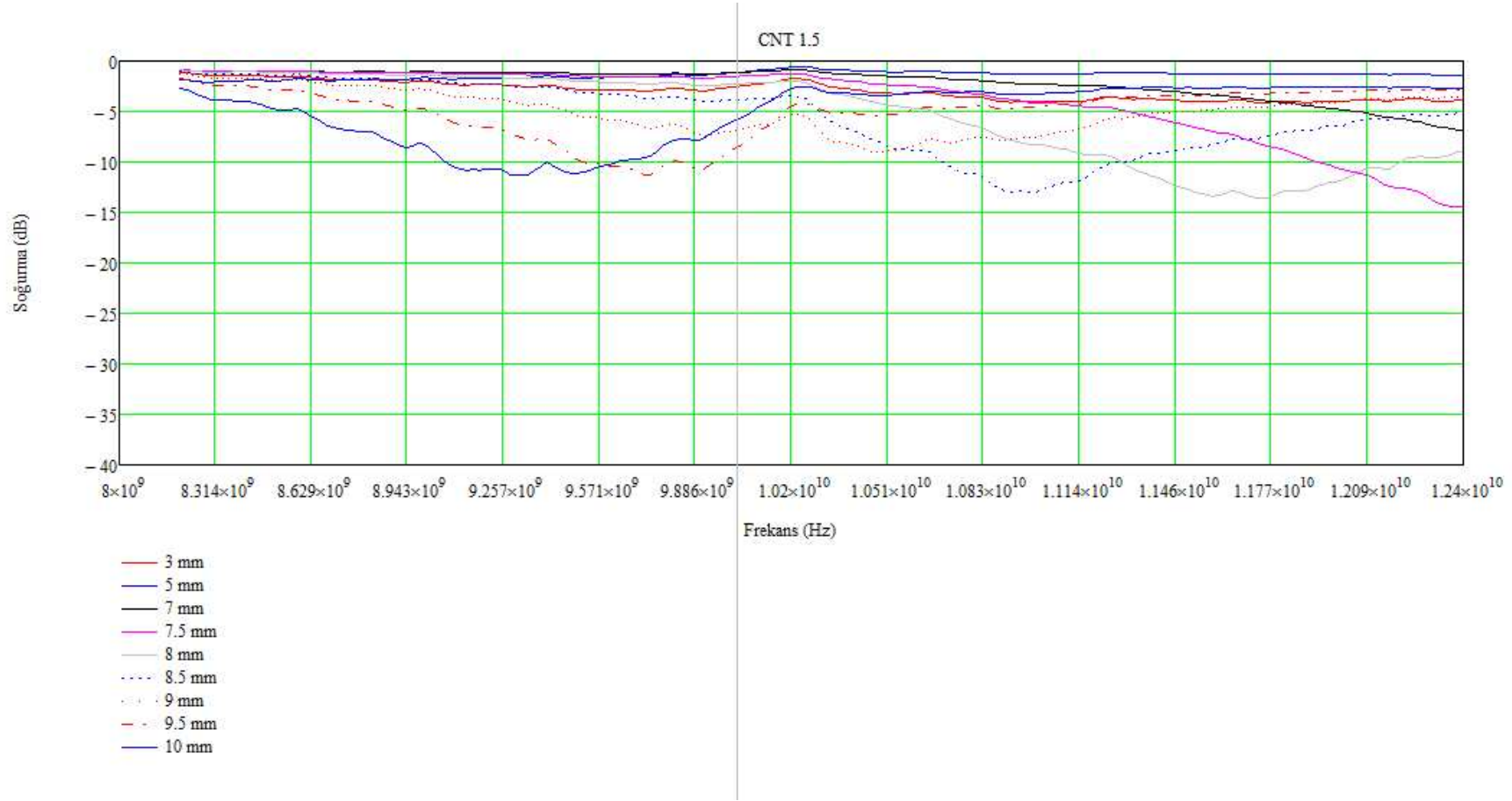
## Kalınlık Optimizasyonu:



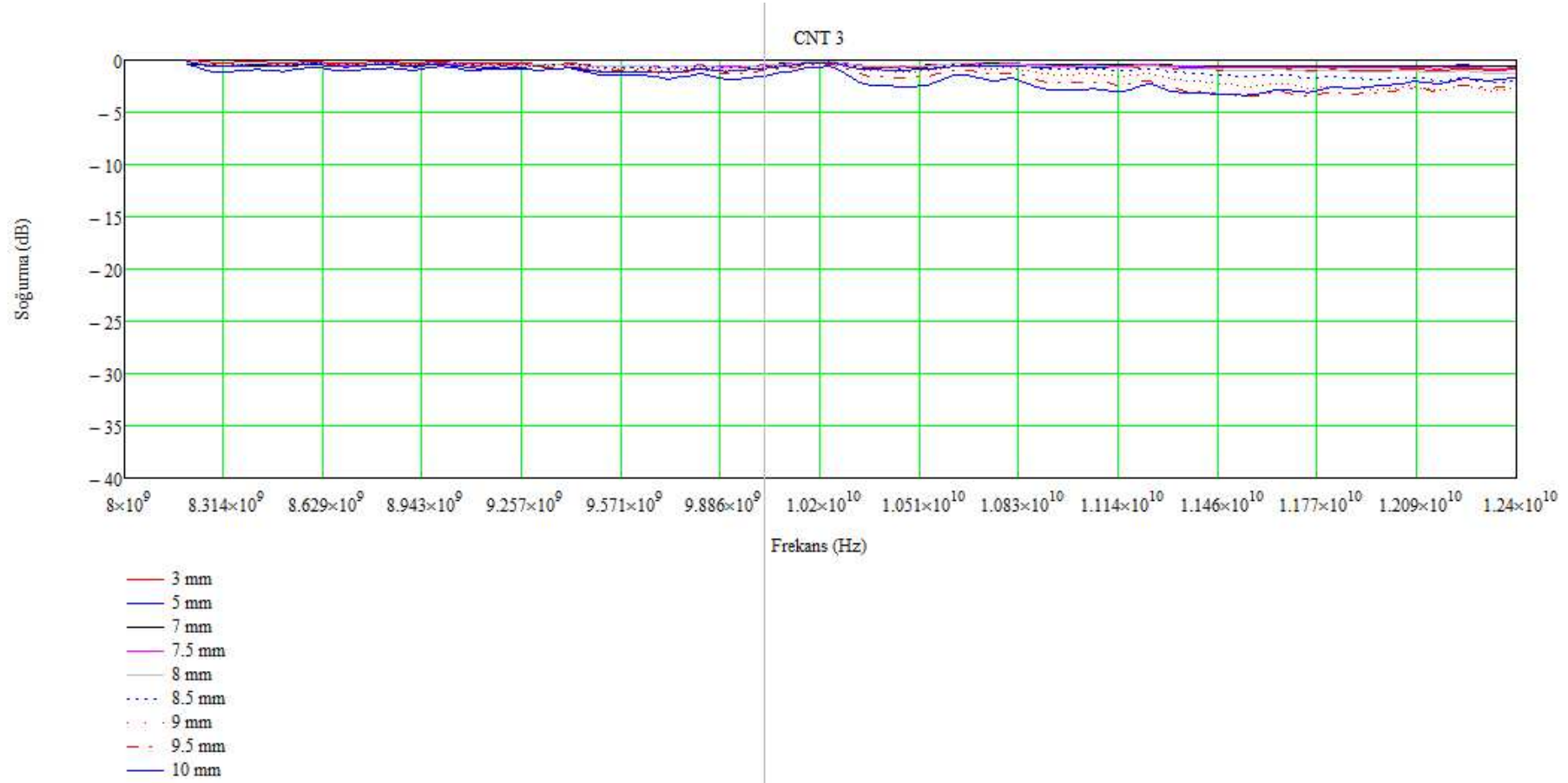
Şekil 21: Ferrit katkılı numunenin kalınlık optimizasyonu



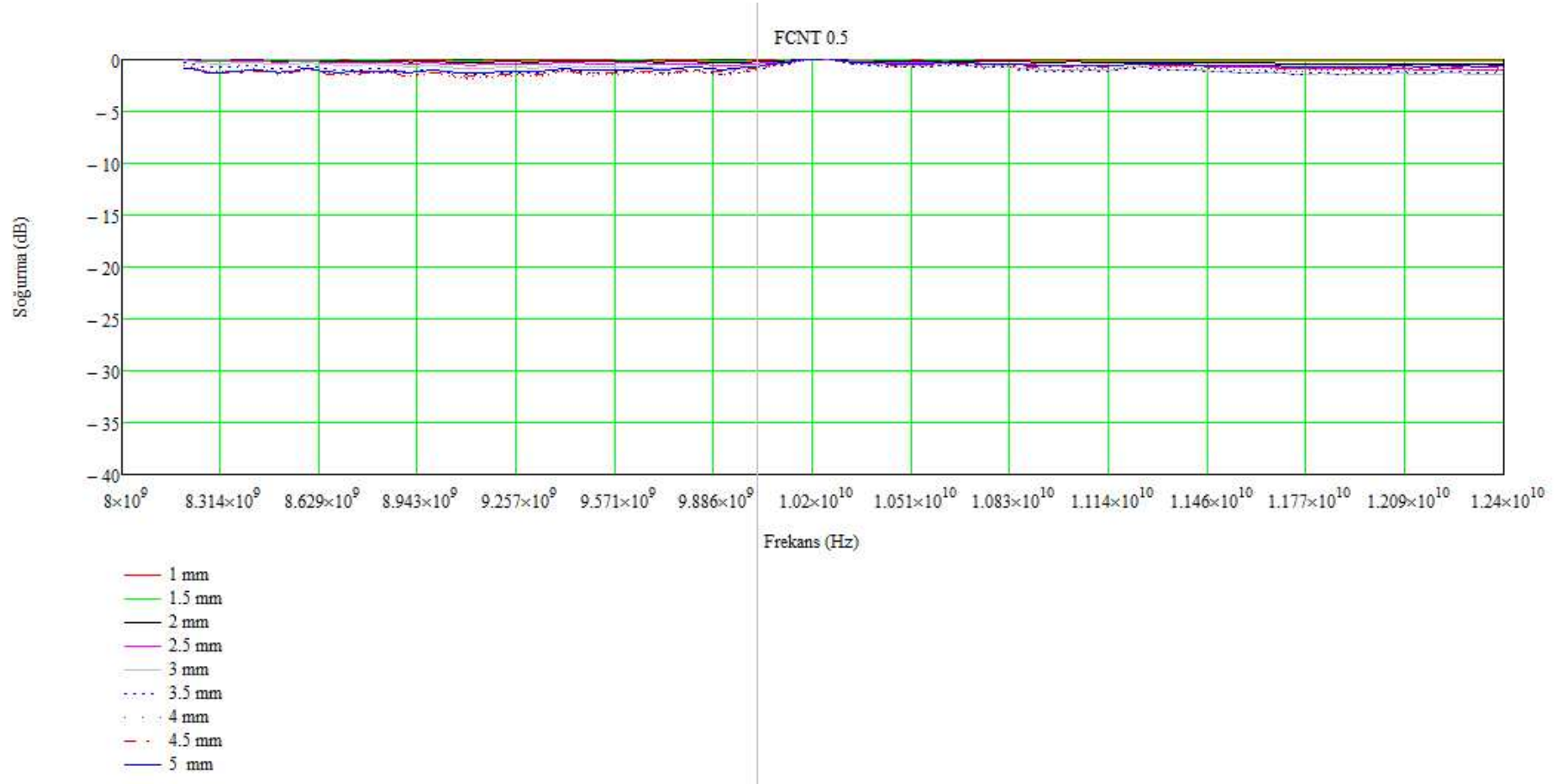
Şekil 22: %0.50 CNT katkılı numunenin kalınlık optimizasyonu



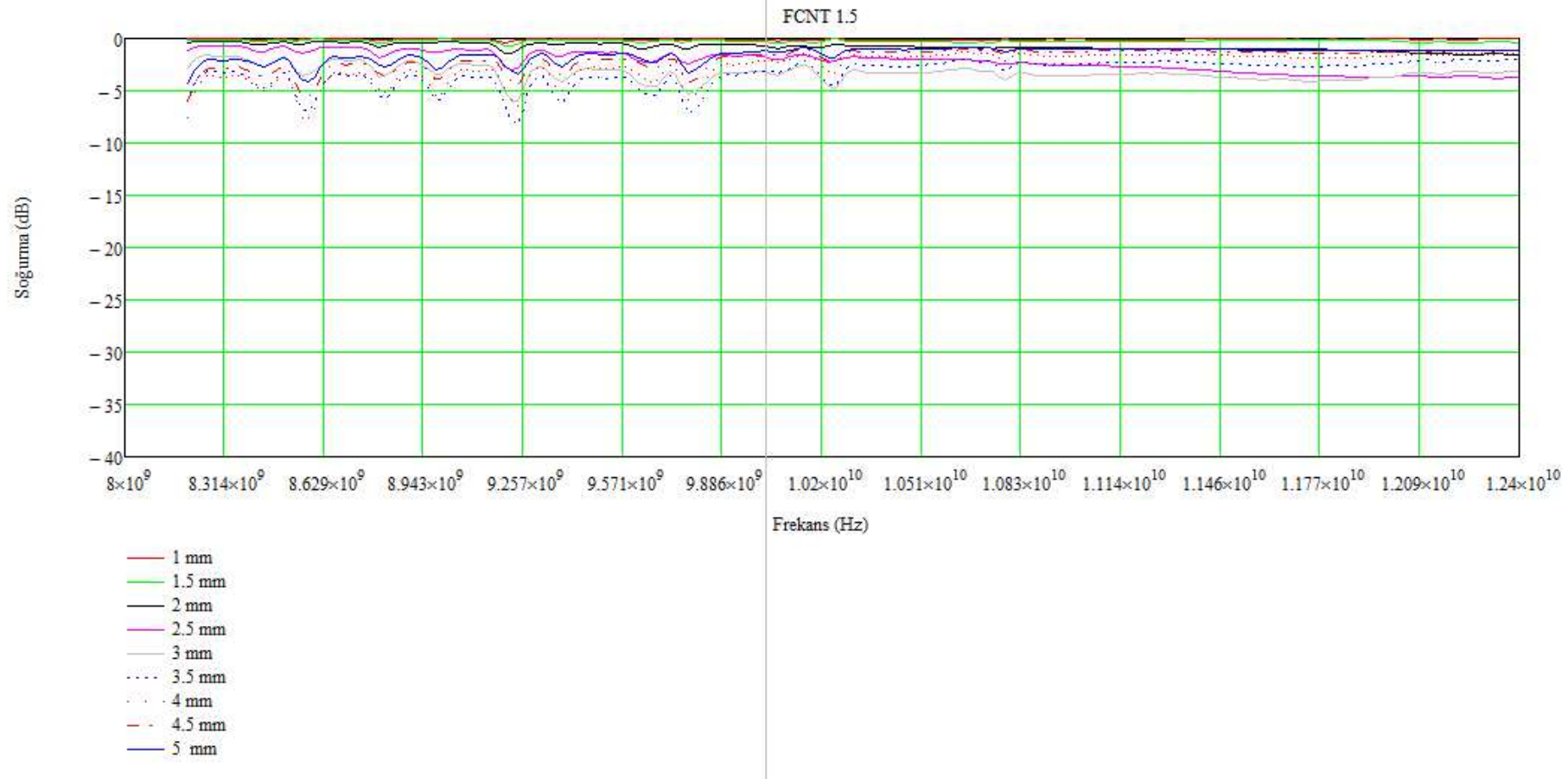
Şekil 23: %1.50 CNT katkılı numunenin kalınlık optimizasyonu



Şekil 24: %3 CNT katkılı numunenin kalınlık optimizasyonu

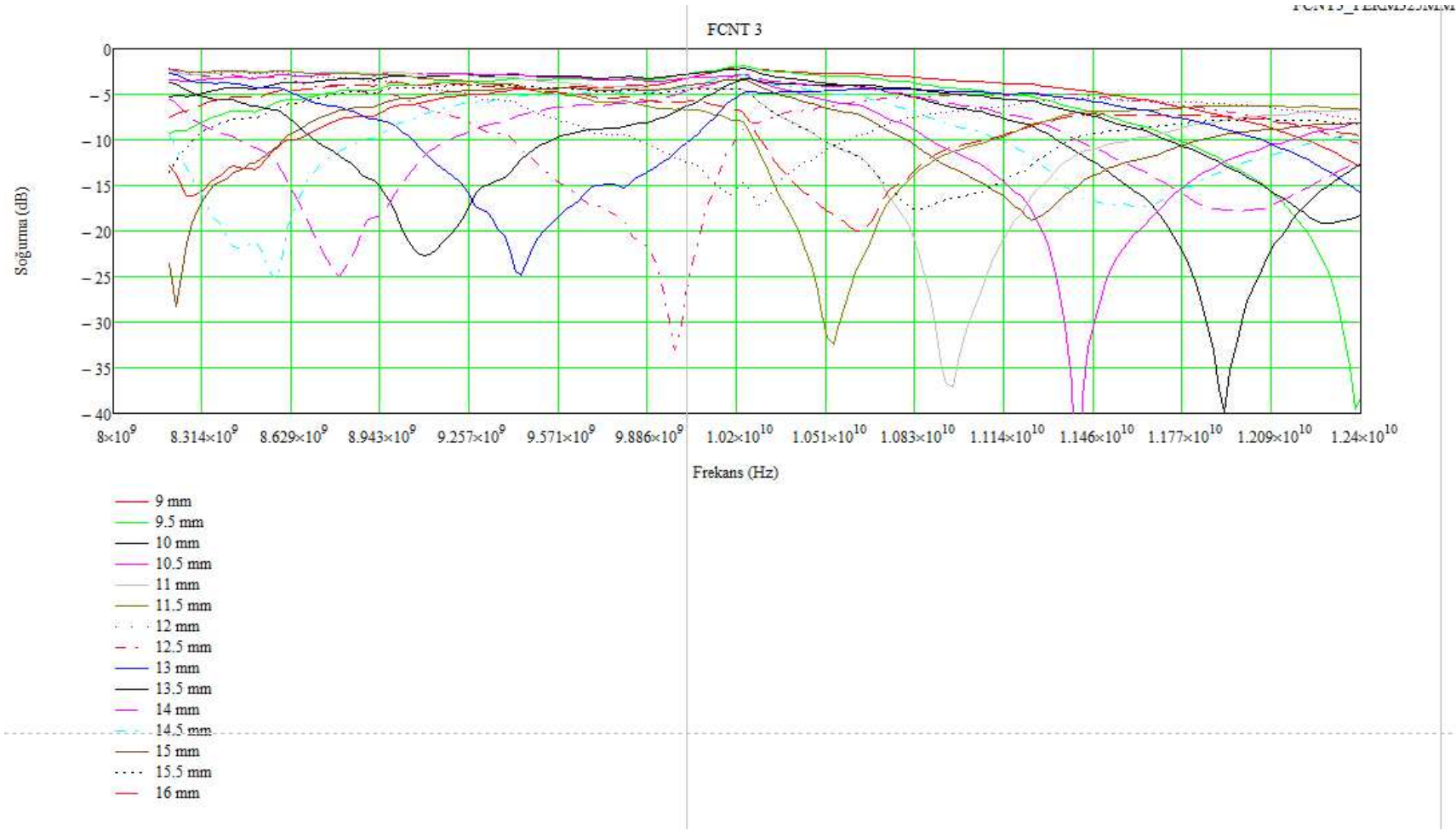


Şekil 25: %40  $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$  ve %0.50 CNT katkılı numunenin kalınlık optimizasyonu



Şekil 26: %40  $\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$  ve %1.50 CNT katkılı numunenin kalınlık optimizasyonu





Şekil 27: %40  $\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$  ve %3 CNT katkılı numunenin kalınlık optimizasyonu

## SONUÇ

Numuneler başarıyla hazırlandı ve numuneler, X band bölgesinde incelenmiştir. Yapılan dielektrik geçirgenlik, manyetik geçirgenlik, tanjant kayıpları ve yansıma testleri sonucunda CNT1.5 ve FCNT3 numunelerinin radar soğurucu yapısal malzeme olarak kullanımı uygundur. Algoritma sonucu elde edilen kalınlık optimizasyonunda ise CNT1.5 ve FCNT3 numuneleri birçok frekansta rezonansa girmiştir.

# KAYNAKLAR



- [1] Sahoo, P., Saini, L., Dixit, A. (2023). Microwave-absorbing materials for stealth application: a holistic overview. *Oxford Open Materials Science*, 3(1), itac012
- [2] Indrusiak T., Pereira J.M., Heitmann A.P., Silva J.G., Denadai A.M.L., Soares B.G. (2020). Epoxy/ferrite nanocomposites as microwave absorber materials: effect of multilayered structure. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31, 13118–13130
- [3] Kumar, S., Walia,R., Kumar, A., Verma, V. (2021). Hybrid structure of MWCNT/ferrite and GO incorporated composites for microwave shielding properties and their practical applications. *Royal Society of Chemistry*, 11, 9775-9787.
- [4] Peymanfar, R., Dogari, H., Selseleh-Zakerin, E., Hedayatzadeh, M.H., Daneshvar, S., Amiri-Ramsheh, N., Ghafuri, H., Mirkhan, A., Ji, G., Aslibeiki, B. (2023). Recent advances in microwave-absorbing materials fabricated using organic conductive polymers. *Frontiers in materials*, 10:1133287.
- [5] Singh, N., Aul, G.D. (2022). Carbon Nanotubes based Composites for Electromagnetic Absorption. *Current Applied Materials*, 1(1), 1-20.

painti**stanbul**  
**TURKCOAT**  
**C O N G R E S S**

Dinlediđiniz için teŖekkür ederim.