

## 4 Elemanlı UHF Yagi Anten Tasarımı

Merhabalar.

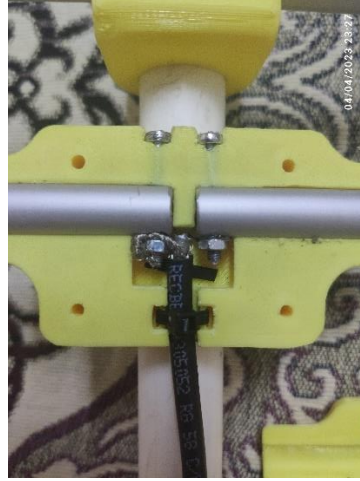
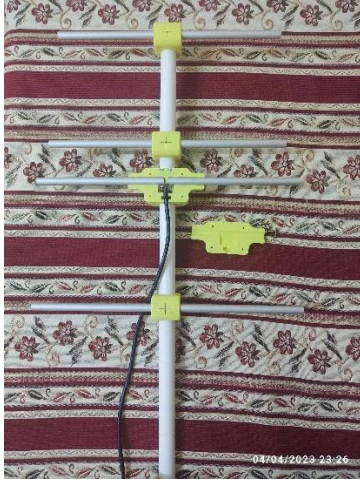
Ben Muhammet Mustafa Arslan. Çağrı işaretim TA1MMA/5.

En son yapmış olduğum 4 Elemanlı Yagi Antenin yapımındaki tecrübelerimi paylaşmak istediğim için böyle bir doküman hazırladım. Ayrıca projenin simülasyon sonuçlarını, gerçek SWR sonuçlarını ve ölçüleri paylaşmak istedim. Umarım faydalı ve bilgilendirici olur.

Antenin tasarımına başlarken öncelikle, anteni boomdan izole bir şekilde tasarlamaya karar verdim. Eğer boom metal olur veya izolasyonlu olmazsa hesaplaması daha zor olabiliyormuş. Ama emin değilim tabiki. Boom olarak PVC boru; dipol, reflektör ve yönlendiriciler (director) için 10mm alüminyum borular (içi boş) kullandım. İlk başta 6 mm olarak hesaplamıştım. Ama piyasada 6 mm çok zor bulunuyormuş. En kolay olan 10 mm olunca ona göre tekrar hesap yaptım.

Anten dipol tutucu ve diğer parçalar 3D yazıcıda basılmıştır. Bu parçaların tasarım dosyaları aşağıda paylaşılmıştır.

### Antenin Genel Görünümü:



İnternete yagi antenna calculator yazınca birçok site çıkıyor. Bu sitelerin ürettiği ölçüleri simülasyon programına girip test ediyorum. SWR değerleri ne kadar tutuyor onlara bakıyorum.

Benim en çok hoşuma giden iki site şunlardı:

<https://sites.google.com/view/kn9b/yagi>

[https://k7mem.com/Ant\\_Yagi\\_VHF\\_Quick.html](https://k7mem.com/Ant_Yagi_VHF_Quick.html)

Bu sitedeki ölçüler simülasyonda da makul sonuçlar gösteriyordu. Ama yeterli olmuyor tabiki. Optimizasyon yapmak gerekiyor.

Simülasyon programlarının kullanımıyla alakalı YouTube da yeterli kaynak bulunuyor.

Kullandığım iki program var:

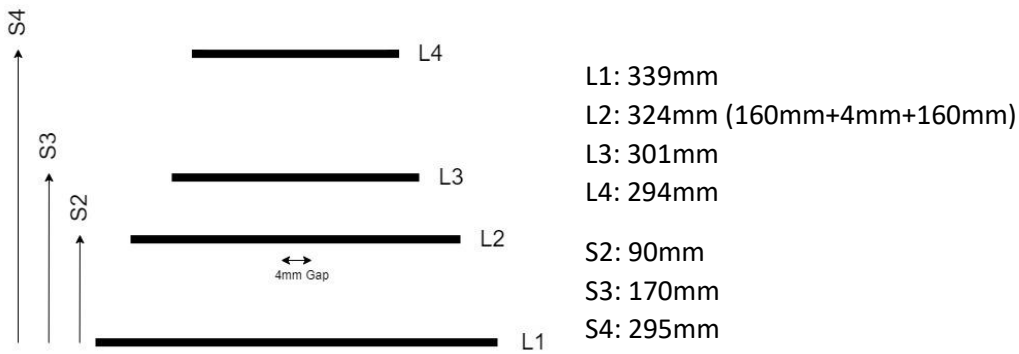
Birincisi : MMANA-GAL

İkincisi: 4NEC2

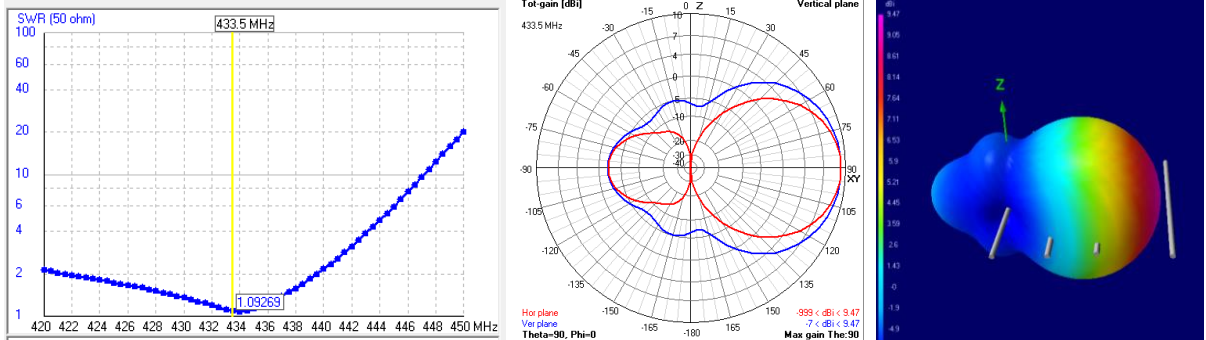
Projenin ilk aşamasında MMANA-GAL programı ile optimizasyon yaptım. Simülasyonda SWR değeri 1.1'den daha düşüktü. Gerçeğe aktardığımda ise SWR değeri 2 civarlarındaydı. Tatmin edici değildi maalesef. Belki benim programa çok iyi hâkim olamadığımdan kaynaklanıyor olabilir.

İkinci aşamasında 4NEC2 programını öğrendim ve onda optimizasyonlar yaptım. Simülasyonda SWR değerleri 1.1 gibi değerlerdeydi. Gerçeğe aktardığımda ise SWR değeri 1.33 civarlarındaydı. Ayrıca SWR frekans eğrisi, simülasyondaki ile gerçeği uyumluydu. Tatmin edici bir sonuçtu.

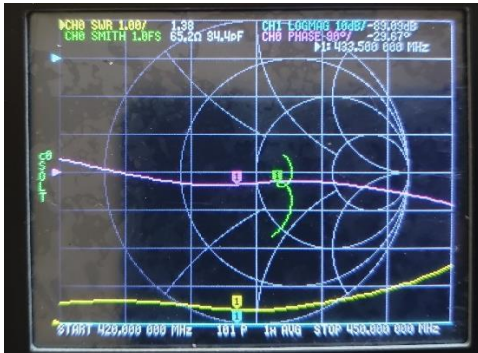
### İlk yaptığım antenin ölçüleri:



### İlk yaptığım antenin simülasyon Sonuçları:



### İlk yaptığım antenin Gerçek Sonuçları (NANOVNR):



### İlk yaptığım antenin Değerlendirmesi:

Simülasyon sonuçları ile gerçek hayattaki sonuçlar tutarlı duruyor. 1.1 SWR değeri ile 1.33 SWR değeri arasında çok büyük fark yok. Giden gücün %3,0 gibi bir bölümü yansıyor demek oluyor. Aşağıda detaylı hesaplaması mevcut.

※ Relationship between reflected RF power and swr is as follows.

SWR	1.0	1.1	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
Reflected RF power (%)	0	0.22	0.8	4.0	11.1	18.4	25.0

5. Calculation of swr value is as follows.

$$SWR = \frac{\sqrt{P_f} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_f} - \sqrt{P_r}}$$

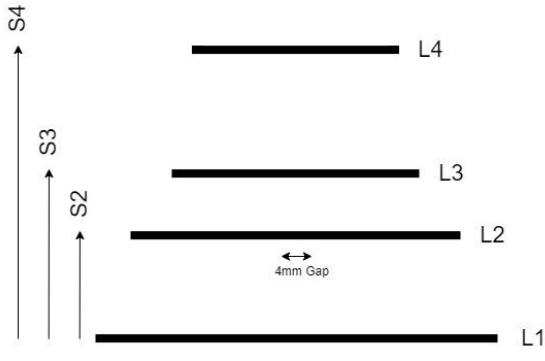
Where  $P_f$  = forward RF power  
 $P_r$  = reflected RF power

UHF bandında SWR'yi 1.1'in altına indirmek için anteni yaptıktan sonra biraz kurcalamak gerekiyordu. Direk hesaplamayla indirmek pek mümkün olmuyor. 1 mm hassasiyet ile çalışmak gerekiyor. 1mm çok etkileyebiliyor.

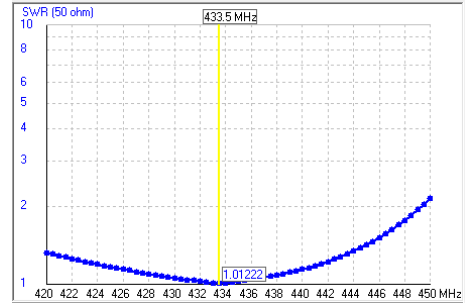
Ama antenin SWR grafiğini incelediğimde çok dar bir frekansta çalıştığını fark ettim. 439MHz e geldiğinde SWR değeri çoktan 2,0 civarına gelmişti. Bu farklı frekanslardan enterfere olmasına engel olur, bu yönden güzel bir durum ama bu kadar dar olması da beni rahatsız etti. Ayrıca SWR değerini 1.1 in altına indirmeye niyetlendim ve biraz daha araştırma yaptım.

Merkez frekansın sağındaki frekansları, yani 439Mhz gibi frekansları, filtreleyen ve daha dar frekansta çalışmasını sağlayan şey dipolün önündeki yönlendiricilermiş (director). Bunların boyu dipolün boyuna ne kadar yakın olursa o kadar dar frekansta çalışıyormuş. Ben de biraz kısaltmaya karar verdim. Merkez frekansın solundaki frekansları, yani 420MHZ gibi frekansları, filtreleyen ve daha dar frekansta çalışmasını sağlayan şey dipolün arkasındaki reflektörmüş(reflector). Alt frekanslar genel olarak çok kullanılmadığından daha dar çalışabileceğini düşündüm ve reflektörün boyunu da kısaltmaya karar verdim.

## İkinci antenin ölçüleri ve simülasyon sonuçları şu şekildeydi:



L1: 330mm  
L2: 324mm  
L3: 298mm  
L4: 280mm  
S2: 146mm  
S3: 202mm  
S4: 328mm



SWR eğrisi istediğim hale gelmişti. Daha geniş bir frekansta çalışıyordu. Ama gerçek hayatta gene SWR değeri 1.3'ün altına inmiyordu. Bunun için biraz daha araştırma yaptım.

Yaptığım optimizasyonlar herhangi bir balun kullanmaya gerek olmayacak şekildeydi. Yani antenin çıkışı direk 50 OHM empedansa sahipti.

Balun denilen şey farklı empedanslardaki kaynak ile yükü birbirine eşitlemek için kullanılan bir sistem. İnternette network empedans matching diye aratırsanız bulabilirsiniz.

Örnek bir balun tasarımı: <https://www.qsl.net/dk7zb/dk7zb-match.htm>

Araştırma yaparken şu yazıya denk geldim:

[https://www.qsl.net/dk7zb/DK7ZB-Match/theory\\_28ohm.htm](https://www.qsl.net/dk7zb/DK7ZB-Match/theory_28ohm.htm)

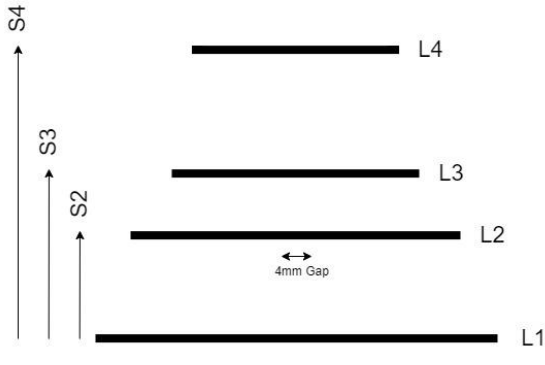
Burada genel olarak bahsedilen şey şuydu: Sadece 50 empedans için tasarım yapmak o kadar da mantıklı değil, anten tasarımı yaparken şunlara da dikkat etmek gerekir:

- 1. Gain(kazanç):** Yüksek kazanç, dar bant genişliği, kötü F/B oranı ve düşük empedans anlamına gelir
- 2. F/B:** Yüksek F/B düşük kazanç demek
- 3. Bandwidth/SWR:** Büyük bant genişliği, düşük kazanç ve yüksek empedans anlamına gelir
- 4. Empedans:**
  - Yüksek empedans, büyük bant genişliği, ancak düşük kazanç (50 Ohm)
  - Düşük empedans, dar bant genişliği, ancak yüksek kazanç anlamına gelir (12,5 Ohm)
  - Orta Empedans, orta bant genişliği ve orta kazanç (28 Ohm) anlamına gelir

Bunlardan bahsettikten sonra yaginin empedansını 50 OHM yapmak için, dipolün hemen önündeki yönlendirici çubuk dipole yakın olur, bu yönlendirici normal yönlendirici olarak davranmak yerine network matching olarak davranır ve bu sayede antenin empedansını 50 OHM'a yaklaştırır diyor.

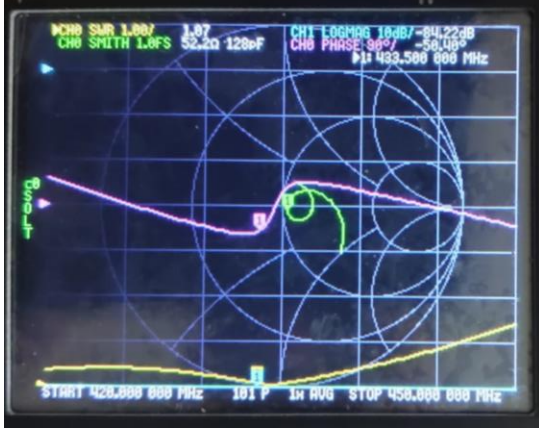
Ben balun ile uğraşmak istemiyordum. O yüzden tasarımımda ilk yönlendiricinin yerini ve boyunu değiştirmeye karar verdim. Ve boyunu biraz küçülttüm ve elimle yakınlığını değiştirmeye başladım. SWR değeri 1.1 in altına inmeye başlamıştı artık.

### Antenin Son Halinin Ölçüleri:

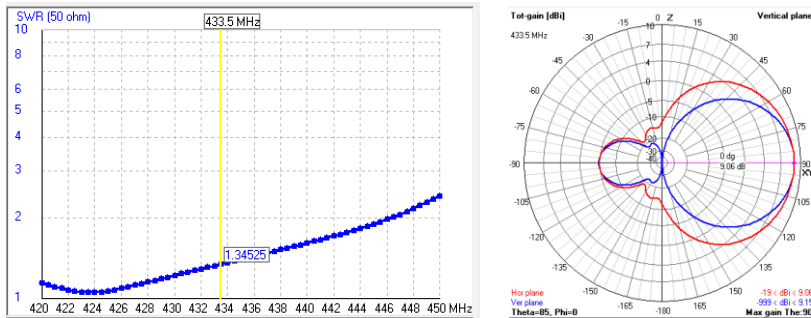


- L1: 330mm
- L2: 324mm (160mm+4mm+160mm)
- L3: 294mm
- L4: 280mm
- S2: 146mm
- S3: 190mm
- S4: 326mm

### Antenin Son Halinin Gerçek SWR Değerleri:



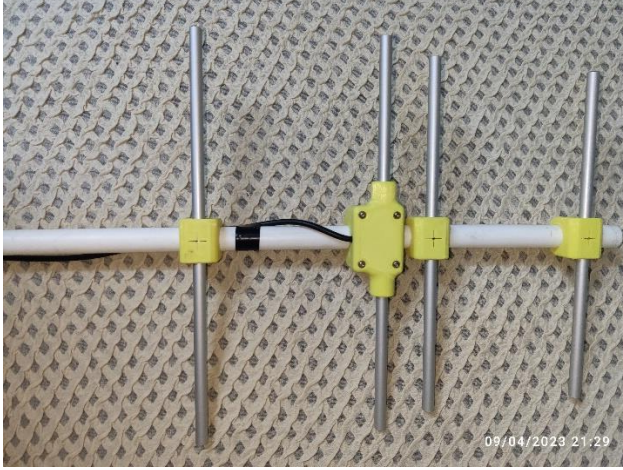
### Antenin son halinin ölçülerini simülasyona girdim. Sonuçlar şu şekilde:



Antenin son hali artık beni baya tatmin etti. Simülasyon sonuçlarının çok kesin bilgi veremediğini görmüş olduk. Ama tasarım aşamasında ve optimizasyonda çok faydalı oldu.



## Antenin Son Hali:



**Not:** 2. Yönlendirici çubuğun yerini değiştirmenin, antenin rezonansa girdiği frekansı kaydıracağını fark ettim. Dipole doğru yaklaşırken frekans sağa kayıyor, uzaklaşırken sola kayıyor.

## Mekanik Tasarım Dosyaları :

<https://drive.google.com/drive/folders/1Jch7OpE88GfulzWVBwfl8pmFNKxsreal?usp=sharing>

## Simulasyon Tasarım Kodu (4NEC2):

```
CM
CE
SY radius=10mm/2
SY s1=0
SY s2=0.146
SY s3=0.190
SY s4=0.326
SY l1=0.330
SY l2=0.324
SY l3=0.294
SY l4=0.280
SY seg=49
SY h=1
GW 1 seg -s1 0 h+1/2 -s1 0 h-l1/2 radius
GW 2 seg s2 0 h+1/2 s2 0 h-l2/2 radius
GW 3 seg s3 0 h+1/2 s3 0 h-l3/2 radius
GW 4 seg s4 0 h+1/2 s4 0 h-l4/2 radius
GE 0
LD 5 1 1 seg 37700000
LD 5 2 1 seg 37700000
LD 5 3 1 seg 37700000
LD 5 4 1 seg 37700000
GN -1
EK
EX 0 2 (seg+1)/2 0 0 0 0
FR 0 0 0 0 433.5 0
EN
```