

Yagi antenna szimulációja

Nyiri Levente

2026 Január

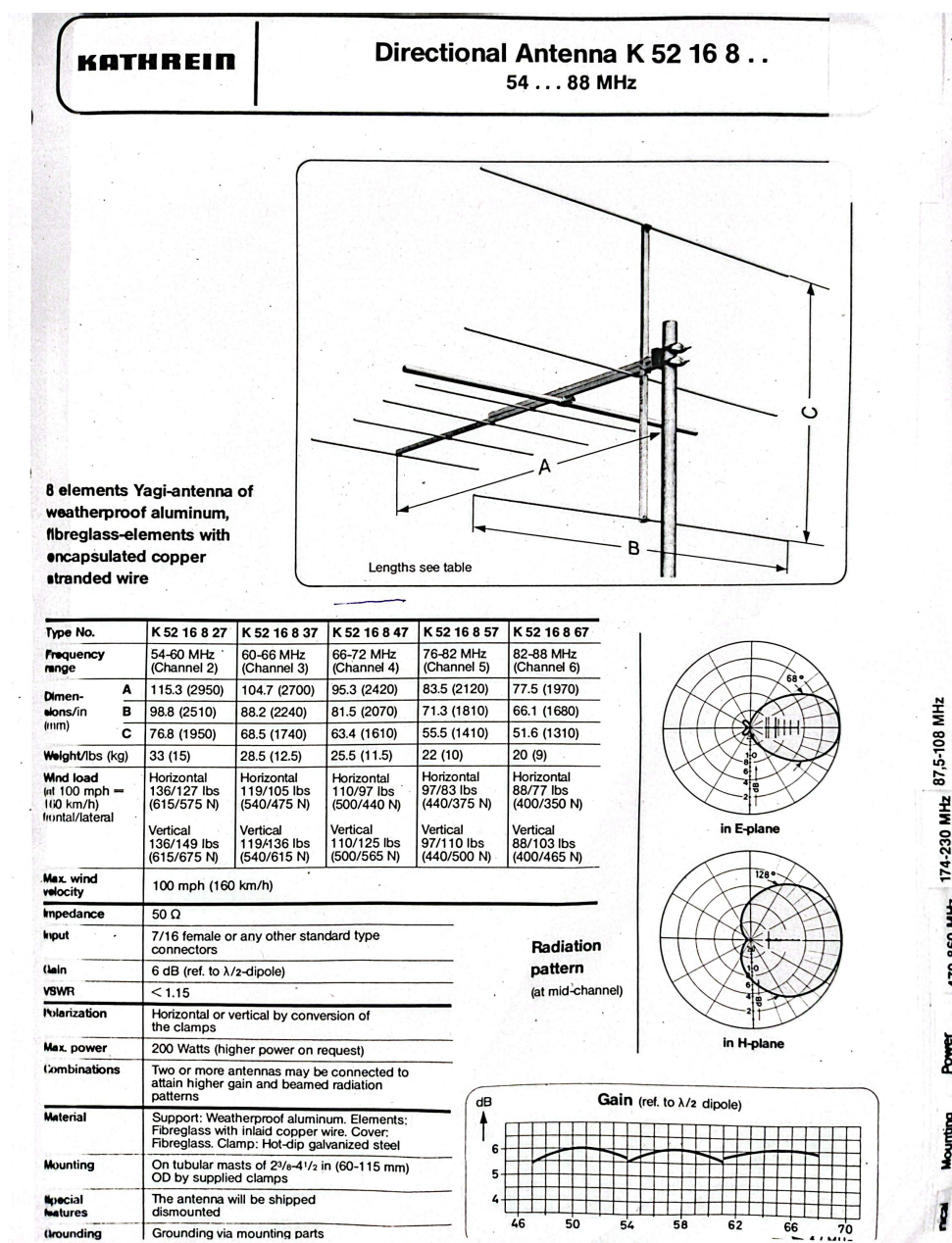
1. Bevezetés

A Yagi-Uda antennát Shintaro Uda találta fel az 1920-as években, viszont eredményeit japánul dokumentálta, így a világ többi részén csak akkkor lett ismert, amikor Hidetsuru Yagi leírta az eredményeit angolul is. Annak ellenére, hogy kreditálta Uda munkáját, az antennára leggyakrabban csak Yagi antennaként hivatkoznak.

Ez egy antenna rendszer, amelyben egy dipólantennát vesznek körül parazita elemek, hogy jobb irányítottságot érjenek el.

Az elmúlt évtizedekben ez lett a legelterjedtebb antenna TV vételére VHF és UHF sávokon.

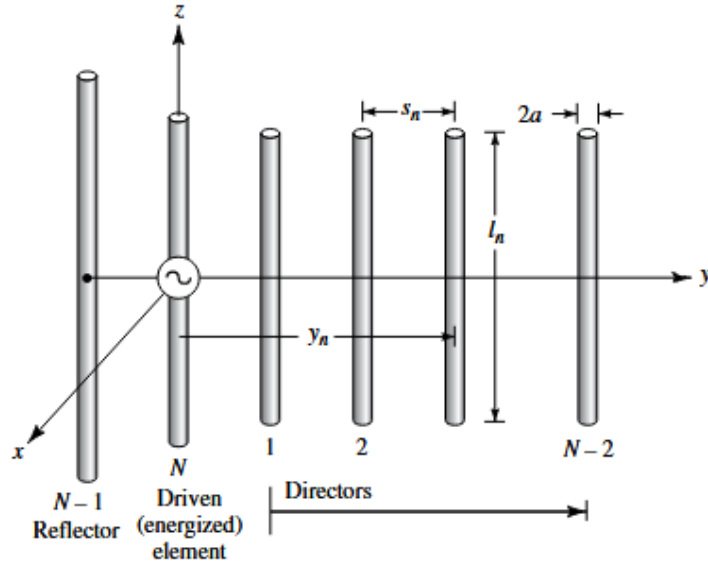
Én a feladatomhoz kaptam a Tanár Úrtól egy dokumentumot, amelyben különböző Yagi antenna dimenziók vannak megadva VHF sávon, ebből fogok kiindulni, egy 58MHz-s antennát fogok tervezni a K 52 16 8 27-es oszlop alapján.



1. ábra. Antenna dimenziók

2. Elméleti ismeretek összefoglalása

Egy Yagi antenna 3 részből áll: egy reflektorból (ritkán alkalmaznak többet, mivel jelentősen nem javítja a reflektivitást, jelen esetben pont 3 lesz), egy táplált félhullámú dipólból (a továbbiakban DE, mint driven element-ként fogok rá hivatkozni) és egy vagy több direktorból. A felépítést a 2. ábra mutatja. A DE leggyakrabban egy hajlított dipólus, én a szimulációban egyszerű vezetéket alkalmaztam.



2. ábra. Yagi antenna általános felépítése [1]

A reflektor valamivel nagyobb, mint a DE, a direktorok pedig valamivel kisebbek.

A sugárzási irány a direktorok irányába mutat, és minél több direktort használunk, annál jobb az irányító hatás, bár egy bizonyos szám fölött már elhanyagolható a javulás, inkább több Yagi antenna egymás mellé rakásával szoktak függönyantennát létrehozni.

Mivel a reflektor hosszabb mint a DE, ezért az impedanciája induktív lesz, a direktoroké (mivel ők pedig rövidebbek) kapacitív. Ez egy fázisprogresszióhoz fog vezetni az antenna mentén, amely hasonló lesz egy haladóhulláméhoz, a DE terét a direktorok irányába fogja erősíteni.

A Yagi antenna rendszerre tekinthetünk egy olyan struktúraként, amely egy haladóhullámot támogat, amelynek a teljesítménye az egyes elemek árameloszlásán és a fázisbességen múlik [1].

3. Tervezés

A tervezés során a célom, hogy eredményképpen egy olyan antennát kapjak, ami tükrözi az 1. ábrát, tehát amelynek a VSWR-je < 1.15 , gain legalább 6dBi, bemeneti impedancia 50Ω és hasonló iránykarakterisztikája van.

A tervezés során a célom, hogy eredményképpen egy olyan antennát kapjak, amely tükrözi a(z) 1. ábrát, tehát:

- **VSWR:** $< 1,15$.
- **Gain:** Legalább 6 dBi.
- **Bemeneti impedancia:** 50Ω .
- **Iránykarakterisztika:** A 1. ábrához hasonló.

Az adott értékek:

Szimbólum	Leírás	Érték[m]
A	Reflektor és utolsó direktor távolsága	2.95
B	Reflektor hossza	2.51
C	Reflektorok távolsága Z síkban	1.95

1. táblázat. Az adott dimenziók

A szimulációt szabad térben végeztem, a vezető anyagának rezet adtam meg, a kábelek sugarát 0.0025λ -nak választottam.

Parazitikus elemek jelenlétében a DE optimális hossza nem pontosan 0.5λ , hanem valahol 0.45 - 0.49λ között van [1].

Bár az "Antenna Theory Analysis and Design" könyv azt írja, hogy tipikusan a direktorok közt 0.3 - 0.4λ hely van, ez jelen esetben nem megvalósítható, mivel a reflektor és az utolsó direktor közti távolság adott, és túl nagy lenne a lépésköz. Más forrásokban azt találtam, hogy 0.25 - 0.005λ közti távolságokat gyakran alkalmaznak [2].

Az optimális tervhez a direktorok közti távolság nem konstans. Kiindulásként beállítottam ezeket a távolságokat megfelelő kompromisszumnak tűnő értékekre.

Chen és Cheng kutatásán megihletődve ezután a 4nec2 optimizer-ének használatával optimalizáltam a távolságokat a direktorok között, először csak az SWR-re és a reaktanciára egyenlő súllyal. Ezután megadtam paraméternek a DE és a direktor hosszát is, a DE és a reflektor távolságát, és a DE-direktor illetve a direktorok távolságát, és előre-hátra viszonyra, SWR-re és reaktanciára egyenlő súlyokkal optimalizáltam még egyszer [3].

Az eredeti és az optimalizált értékeket a 2. táblázat mutatja.

Paraméter	Eredeti érték	Optimalizált érték
Sugárzó hossza (DE)	0.48λ	0.48λ
Direktorok hossza	0.45λ	0.45λ
Reflektor-DE távolság	0.15λ	0.2λ
Sugárzó-D1 távolság	0.15λ	0.15λ
D1-D2 távolság	0.1λ	0.083λ
D2-D3 távolság	0.08λ	0.054λ
D3-D4 távolság	0.06λ	0.062λ

2. táblázat. A Yagi antenna eredeti és optimalizált paraméterei

Optimalizálás előtt a VSWR 4.45dB volt, utána 1.14, tehát jelentősen javult a geometriának az enyhe módosításával, anélkül, hogy a nyereséget negatívan befolyásolta volna.

Filename	Yagi_Nyiri-Levente_5	Frequency	58	Mhz	Filename	YAGI_NYIRI-LEVEN	Frequency	58	Mhz
		Wavelength	5.169	mtr			Wavelength	5.169	mtr
Voltage	57.9 + j 0 V	Current	1.73 - j 2.24 A		Voltage	66.3 + j 0 V	Current	1.51 - j 7e-5 A	
Impedance	12.5 + j 16.2	Series comp.	169.4	pF	Impedance	44 + j 2e-3	Series comp.	1.4e6	pF
Parallel form	33.5 // j 25.8	Parallel comp.	106.4	pF	Parallel form	44 // j 1.e6	Parallel comp.	3.e-3	pF
S.W.R. 50	4.45	Input power	100	W	S.W.R. 50	1.14	Input power	100	W
Efficiency	99.3 %	Structure loss	695.8	mW	Efficiency	100 %	Structure loss	0	uW
Radiat-eff.	98.98 %	Network loss	0	uW	Radiat-eff.		Network loss	0	uW
RDF [dB]	9.47	Radiat-power	99.3	W	RDF [dB]	9.5	Radiat-power	100	W

(a) Eredeti adatokkal mért eredmények

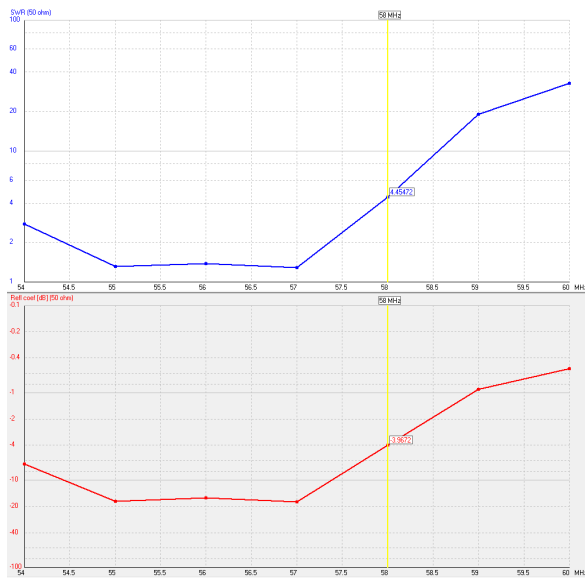
(b) Optimalizált adatokkal mért eredmények

3. ábra. Eredeti és optimalizált állapot

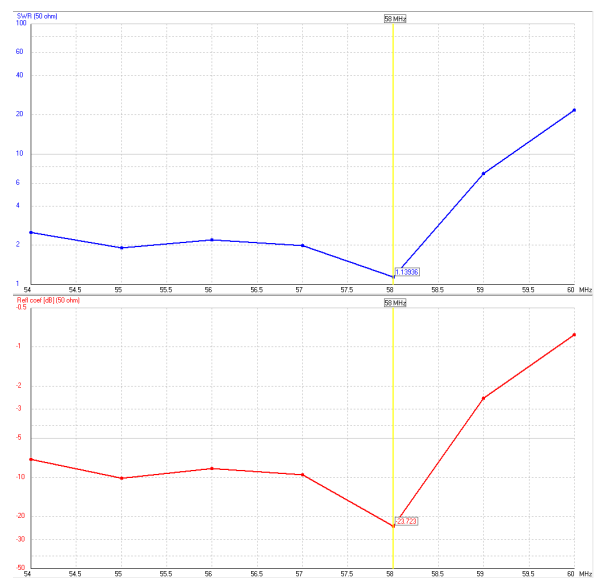
A reflektor és a DE távolsága főként az előre-hátra viszonyra és a bemeneti impedanciára van hatással [1], szóval kíváncsiságból minden mást változatlanul hagyva megváltoztattam a reflektor-DE távolságot 0.2λ -ra, és már így is 2.4-re javult a VSWR.

A következő ábrákon a feszültség függvényében látható az SWR, a nyereség, front-to-back és front-to-rear ratio, valamint az impedancia.

A ábrán látható az iránykarakterisztika. Az ábrákon pedig az antenna 3D modellje, az egyes szegmenseken folyó áramok nagysága és fázisa, valamint a távoltér 3D reprezentációja látható.

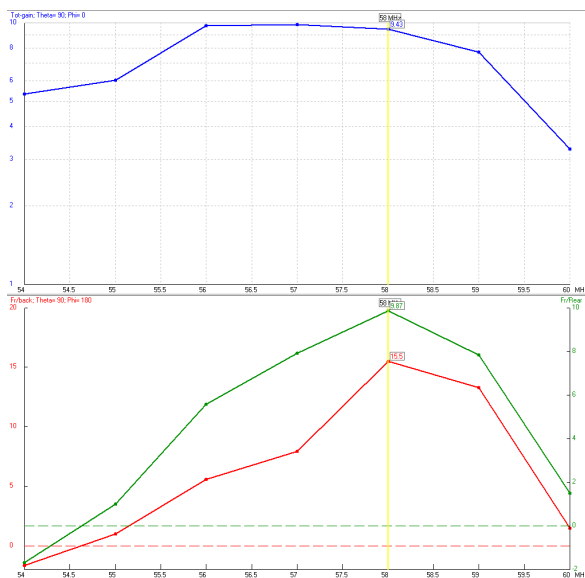


(a) Eredeti

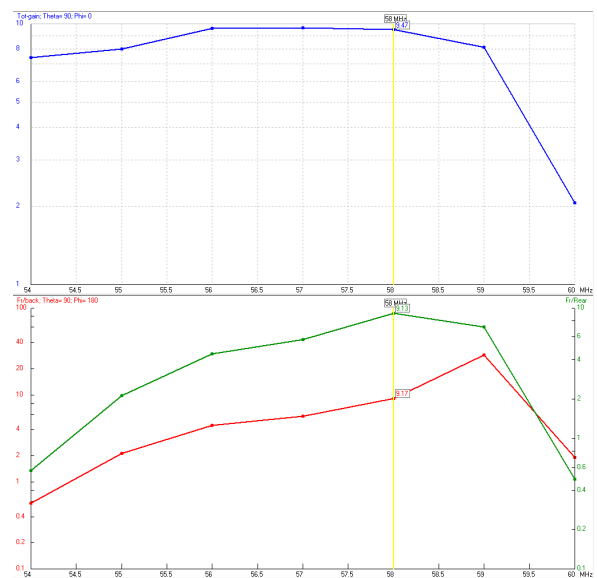


(b) Optimalizált

4. ábra. Eredeti és optimalizált SWR és reflexiós tényező frekvencia függvényében

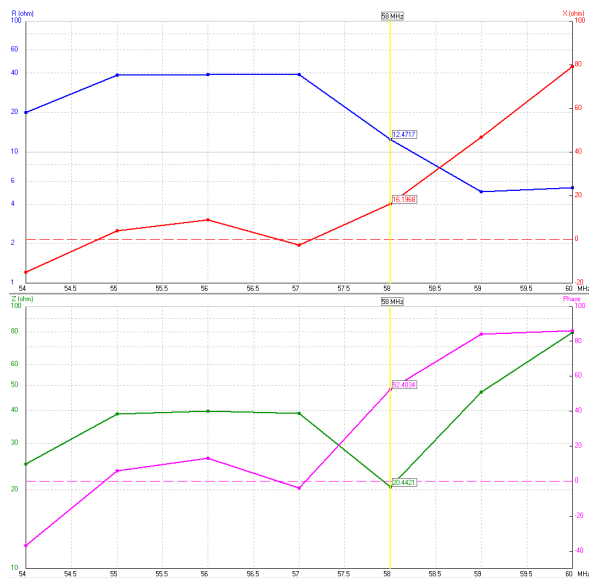


(a) Eredeti

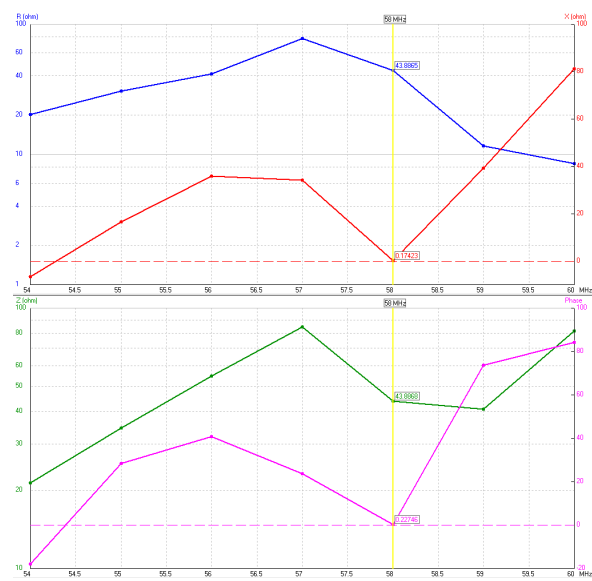


(b) Optimalizált

5. ábra. Eredeti és optimalizált nyereség és F/B valamint F/R

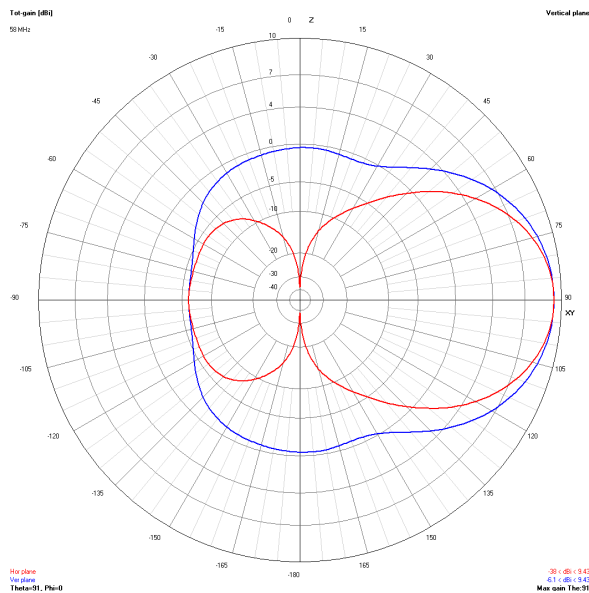


(a) Eredeti

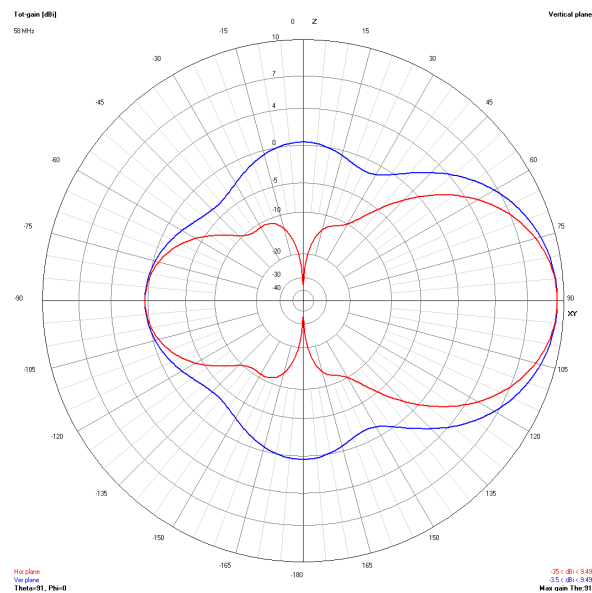


(b) Optimalizált

6. ábra. Eredeti és optimalizált ellenállás, reaktancia, impedancia és fázis

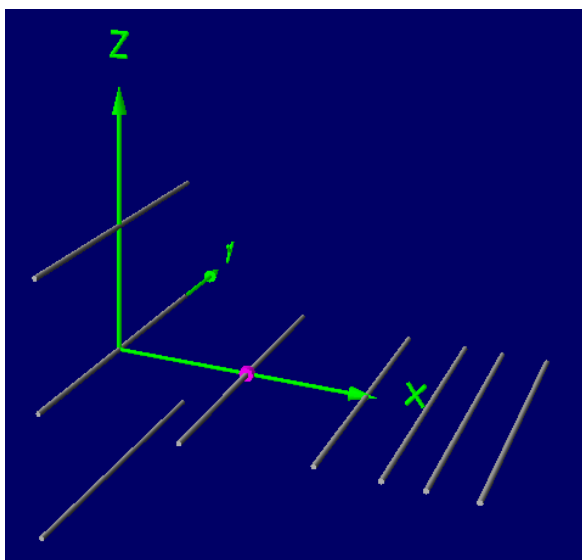


(a) Eredeti

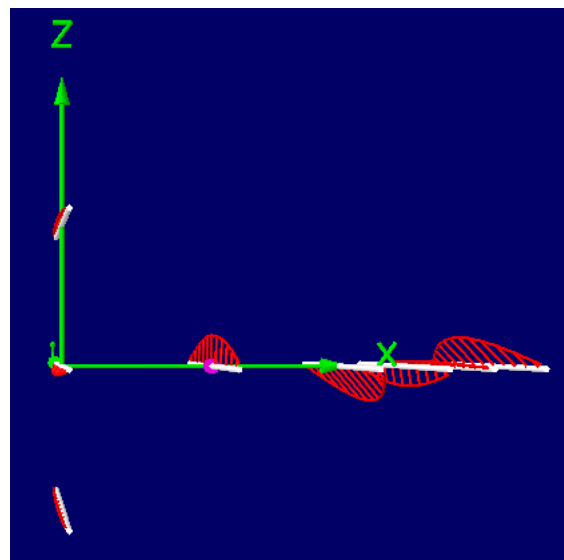


(b) Optimalizált

7. ábra. Eredeti és optimalizált iránykarakterisztika



(a) 3D modell



(b) Áram nagysága és fázisa

8. ábra. 3D modell és a szegmenseken folyó áramok