

Simulacije Y-faktorja, račun K2 korekcijskega faktorja in primerjava G/T vrednosti

To poročilo nadaljevanje je prejšnjega, simuliranjem delovanja defokusiranih anten z namenom ugotavljanja negotovosti pri merjenju in računu G/T faktorja z predlagano metodo.

V prejšnjem poročilu posimulirali smo Cassegrain anteno z diametrom glavnega reflektorja $D = 11.28\text{m}$ in $\text{HPBW} = 0.2^\circ$. Najprej smo dizajnirali anteno in posimulirali njen smerni diagram. Potem smo pomočjo smernega diagrama in MATLAB kode (dodatek v diplomii) simulirali odčitovanje Y-faktorja z uporabo Lune kot RF vira.

Kot dodatno preverjavo odločili smo ponoviti simulacijski postopek za antene z $\text{HPBW} = 0.1^\circ, 0.3^\circ, 0.5^\circ, 0.7^\circ$ and 1° . Za X-band antene, ali točneje za zeleno frekvenco $f = 8.1775\text{ GHz}$, odgovarajoči diametri anten so $D = 23.83\text{m}, 7.94\text{m}, 4.77\text{m}, 3.4\text{m}$, and 2.38m . S ciljem poenostavitve dizajna anten, diametri dizajniranih in simuliranih anten so: $D = 24\text{m}, D = 8\text{m}, D = 5\text{m}, D = 3.5\text{m}, D = 2.5\text{m}$.

Vsaka antena je naprej dizajnirana z optimalno geometrijo, ter je posimuliran njen smerni diagram. Zatem, žarilec je zamaknjen 3cm pri vsaki anteni (seveda 3cm ima večji upliv pri manjših antenah) stran od subreflektorja, po njihovi medsebojni osi.

Prva naloga je bila je izračunati K2 korekcijski faktor pomočjo smernih diagramov dizajniranih anten. Korekcijski faktor izračunan je po naslednji enačbi:

$$K_2 = \frac{\iint_{source} 1 d\Omega}{\iint_{source} P_n(\theta, \phi) d\Omega} \quad (1)$$

V Tabeli 1 so podani rezultati izračunanih K2 faktorja :

Tabela 1 - Izračunani K2 korekcijski faktorji za optimalno in defokusirano anteno

PREMER REFLEKTORJA	K2 OPTIMALNA ANTENA	K2 DEFOKUSIRANA ANTENA
2.5m	1.1084	1.088
3.5m	1.2144	1.1983
5m	1.4794	1.4199
8m	2.5982	2.0784
24m	22.0825	10.1739

Naslednji korak bil je simulirati odčitavanje Y-faktorja. Ker je Y faktor podan kot razmerje sprejetih moči šuma ko je antena najprej usmerjena v Luno, zatem v hladno nebo, lahko Y-faktor podamo kot razmerje šumnih temperatur sistema. Šumna temperatura sistema sestavljena je od šumne temperature antene in šumne temperature sprejemnika. Glede na to da izmerjena in simulirana antena podana v diplomii, in prejšnjem poročilu, ima šumno temperaturo sprejemnika enako $T_{\text{sys}} =$

56K, obdržal sem isto temperaturo sprejemnika za vsako simulacijo in za vsako uporabljeno anteno. Šumna temperatura sprejemnika podana je kot vhodni parameter v MATLAB kodo.

Rezultati simuliranih Y-faktorjev, z šumno temperaturo sprejemnika $T_{sys} = 56K$ podani so v Tabeli 2.

Tabela 2 - Rezultati simuliranih Y-faktorjev

PREMER REFLEKTORJA	Y-faktor OPTIMALNA [dB]	Y-faktor DEFOKUSIRANA [dB]
2.5m	0.6458	0.3652
3.5m	1.2618	0.662
5m	2.1	1.1347
8m	3.2	2.0
24m	3.71	3.56

Zadnji korak je poračunati G/T optimalne antene, G/T defokusirane antene s tem da obdržimo konstantni K2 korekcijski faktor, ter G/T defokusirane antene z ustreznim K2 korekcijskim faktorjem defokusirane antene. Zaradi omogočanja primerjave med antenami, vrednosti za S , λ in K_1 uzete so enake prejšnjemu poročilu in sicer: $S = 3.17 \cdot 10^{-22} [W m^{-2} Hz^{-1}]$, $f = 8.1775 [GHz]$ and $K_1 = 1.033$. Direktna metoda izračuna kakovostnega faktorja podana je z enačbo:

$$\frac{G}{T} = \frac{8\pi k(Y-1)}{S\lambda^2} K_1 K_2 . \quad (1)$$

V naslednji tabeli (Tabela 3) podani rezultati G/T vrednosti za simulirane antene:

Tabela 3 - Rezultati izračunanih G/T vrednosti za primerjavo

PREMER REFLEKTORJA	G/T OPTIMALNE ANTENE [dB/K]	G/T DEFOKUSIRANE ANTENE Z KONSTANTNIM K2 [dB/K]	G/T DEFOKUSIRANE ANTENE Z USTREZNIM K2 FAKTORJEM [dB/K]
2.5m	21.75	19.13	19.05
3.5m	25.37	22.26	22.2
5m	28.9	25.68	25.5
8m	33.77	31.07	30.1
24m	43.99	43.73	40.36

Zaključek

Iz simuliranih rezultatov lahko je razvidno, da z uporabo predlagane metode in Lune kot vira, je možno zelo natančno oceniti G/T anten dokler so antene v optimalni konfiguraciji. V primerih ko antena nima več optimalne geometrije, ocena G/T ni natančna zaradi uporabe konstantne vrednosti K2 faktorja. Tudi če G/T takšne antene ni natančen, zelo se razlikuje od pričakovanega G/T antene pred popačenjem, ter nam to omogoča detekcijo spremembe na anteni. V teh primerih, ko je sprememba zaznana, potrebno je poračunati K2 faktor na isti način kot je poračunan v tem poročilu (pomočjo integracije smernega diagrama).

Drugi zaključek je da pri antenah z HPBW $\leq 0.1^\circ$, predlagana metoda ni več uporabna, glede na to, da je sprememba na anteni težko prepoznavna. V teh primerih, uporaba Lune kot vira itak nima dodane vrednosti, ker je odčitovanje Y-faktorja z uporabo RF zvezde (npr. Cassiopeia) dovolj visoko da so negotovosti zaradi odčitovanja Y-faktorja zelo mejhne. V takšnih primerih ($D \geq 20\text{m}$) je bolj priporočljiva uporaba RF zvezd.

Še ena ugotovitev je da z večanjem premera antene upliv K2 faktorja na spremembo G/T raste, medtem ko upliv Y-faktorja na spremembo G/T faktorja upada.

Kot dodatek prilagam tabele katere sem enkrat poračunal:

	Minimum antenna diameter at X-band @ $T_{\text{sys}}=100\text{K}$ [m]	
Radio source	Cassegrain ($\eta=65\%$)	Prime focus ($\eta=50\%$)
Taurus A	16.95	19.32
Moon	4.44	5.06
Sun	2.72	3.1

Tabela 4 – Minimalni premer antene, z predpostavko elevacije od 25° za odčitovanje: Y-faktor ≥ 1 dB

	Minimum antenna diameter at X-band @ $T_{\text{sys}}=100\text{K}$ [m]	
Radio source	Cassegrain ($\eta=65\%$)	Prime focus ($\eta=50\%$)
Taurus A	7.23	8.25
Moon	1.89	2.15
Sun	1.15	1.32

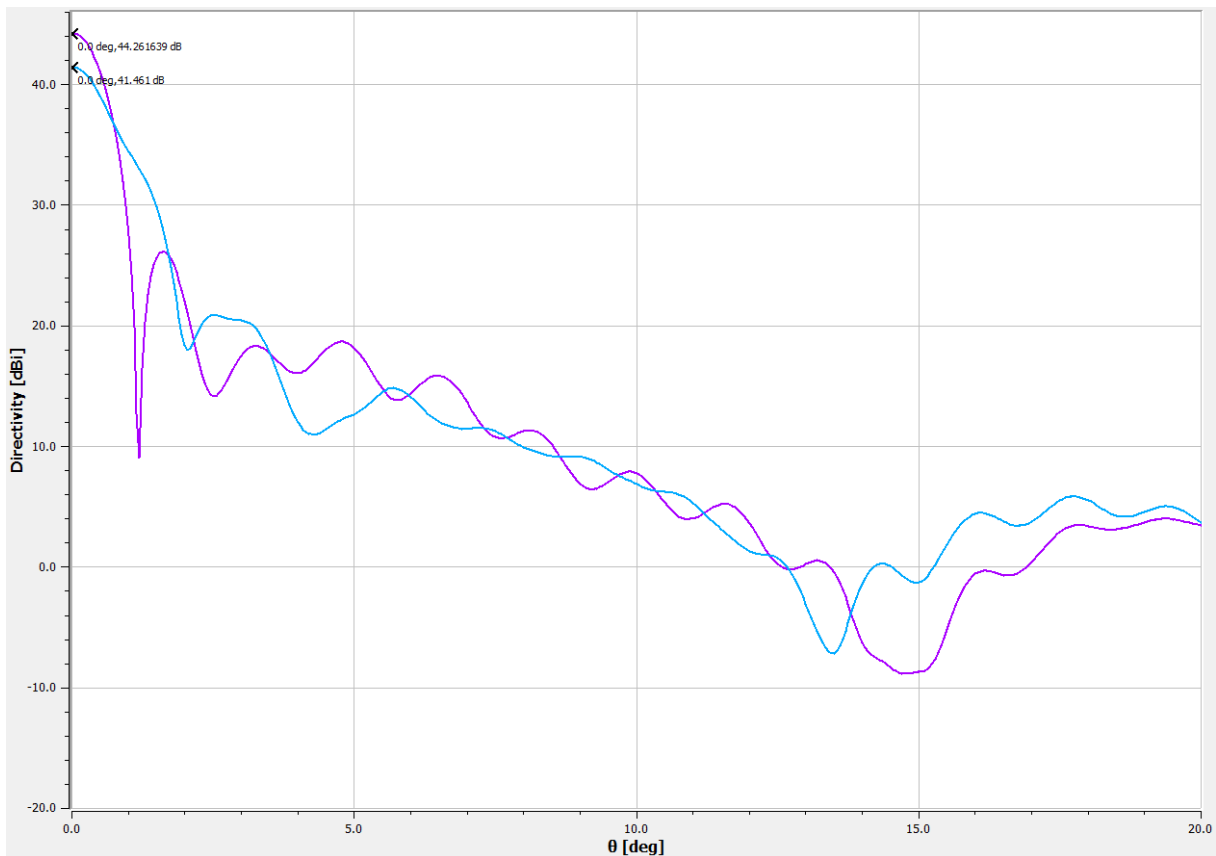
Tabela 5 - Minimalni premer antene, z predpostavko elevacije od 25° za odčitovanje: Y-faktor ≥ 0.2 dB

Kot zadnji zaključek rad bi poudaril, da tudi če je v simulacijah z 2.5m anteno, odčitovanje Y-faktorja rezultiralo 0.6dB, z anteno takšnih dimenzij v praksi ni mogoče sprejeti šumni signal Lune. Običajno takšne antene imajo šumno temperaturo sprejemnika veliko večjo od 56K, ki je bila uporabljena v simulacijah.

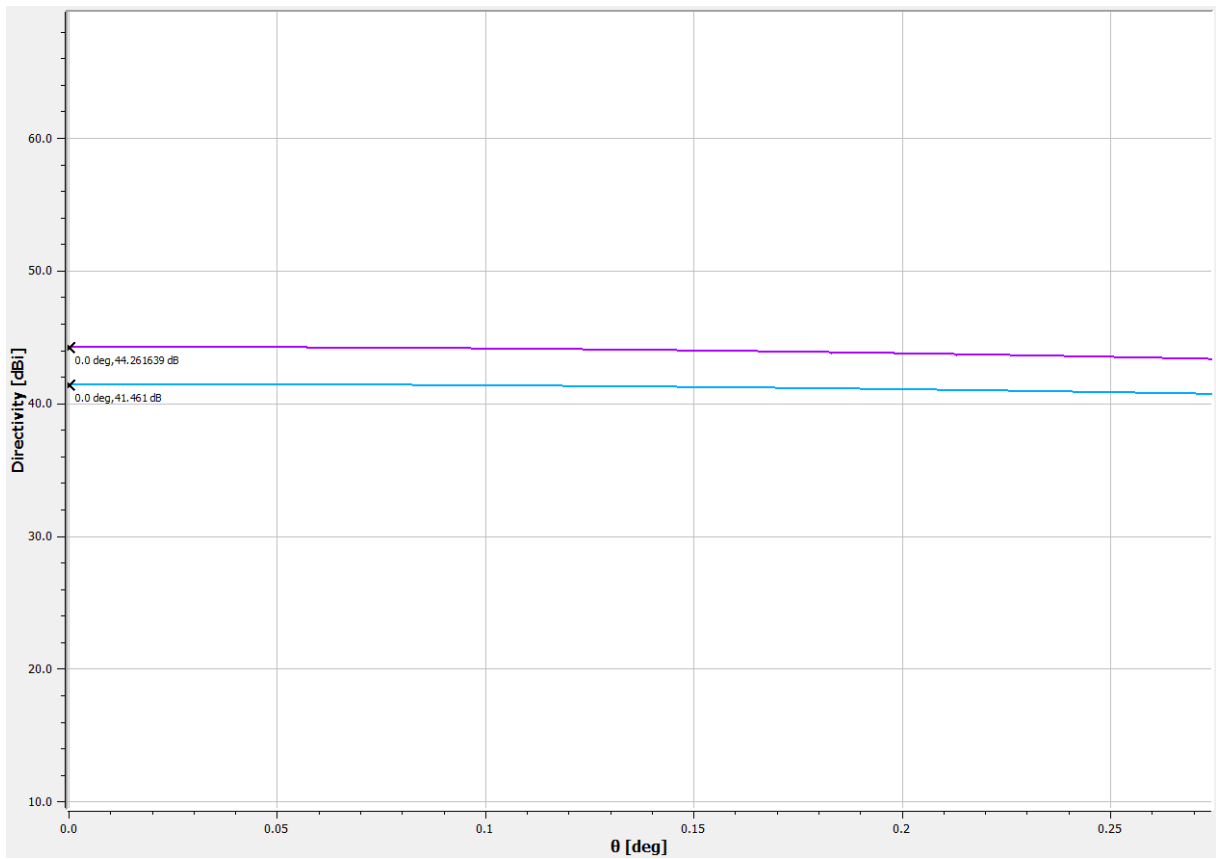
Antene v ESA, za katerih je narejena raziskava opisana v diplomii, so v rangi $D = 7\text{m} - 14\text{m}$. Antene s manjšim premerom običajno nimajo dovolj visokega G/T za izpolnjenje zahteva za sprejem ESA-inih satelitov za Earth Observation (nadgledanje Zemlje?) – seveda to odvisi od link budgeta. Za takšne antene odčitovanje Y-faktorja z uporabo RF zvezde je zelo nizko (manjše kot 1dB) kar prinaša veliko negotovost v meritvi in računu. V takšnih primerih Luna je optimalna. Seveda, v primerih ko je Y-faktor z uporabo RF zvezde dovolj velik (nad 1 dB, običajno pri $D \geq 20\text{m}$), priporoča se uporaba RF zvezde za merjenje G/T faktorja.

Primerjava sevalnih diagramov

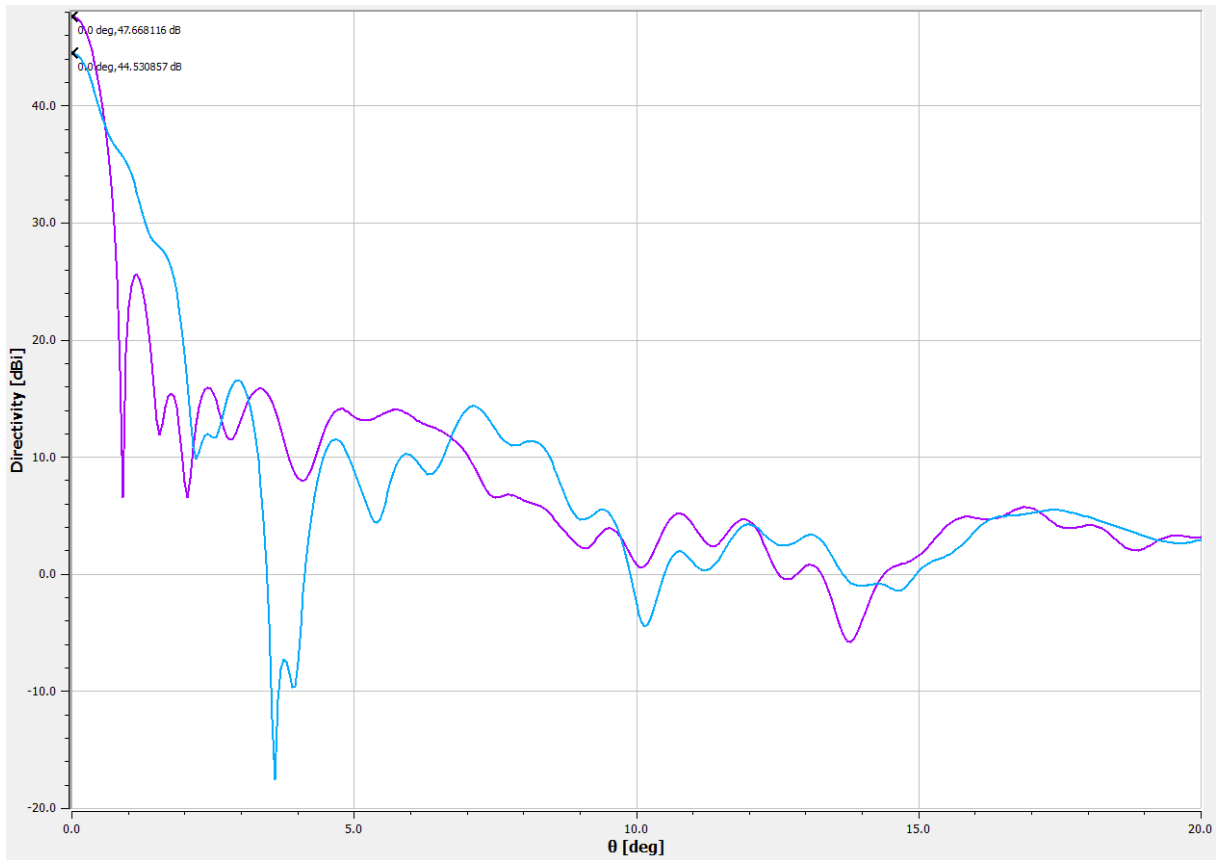
V naslednjih slikah prikazane so primerjave sevalnih diagramov originalne antene (violetna) in defokusirane antene (modra), nad različnih kotnih razponih. Namreč za vsako anteno prikazana sta dva razpona, en je razpon od 20°, a drugi je razpon od polovice kotnega premera Lune na dan meritve opisane v diplomi.



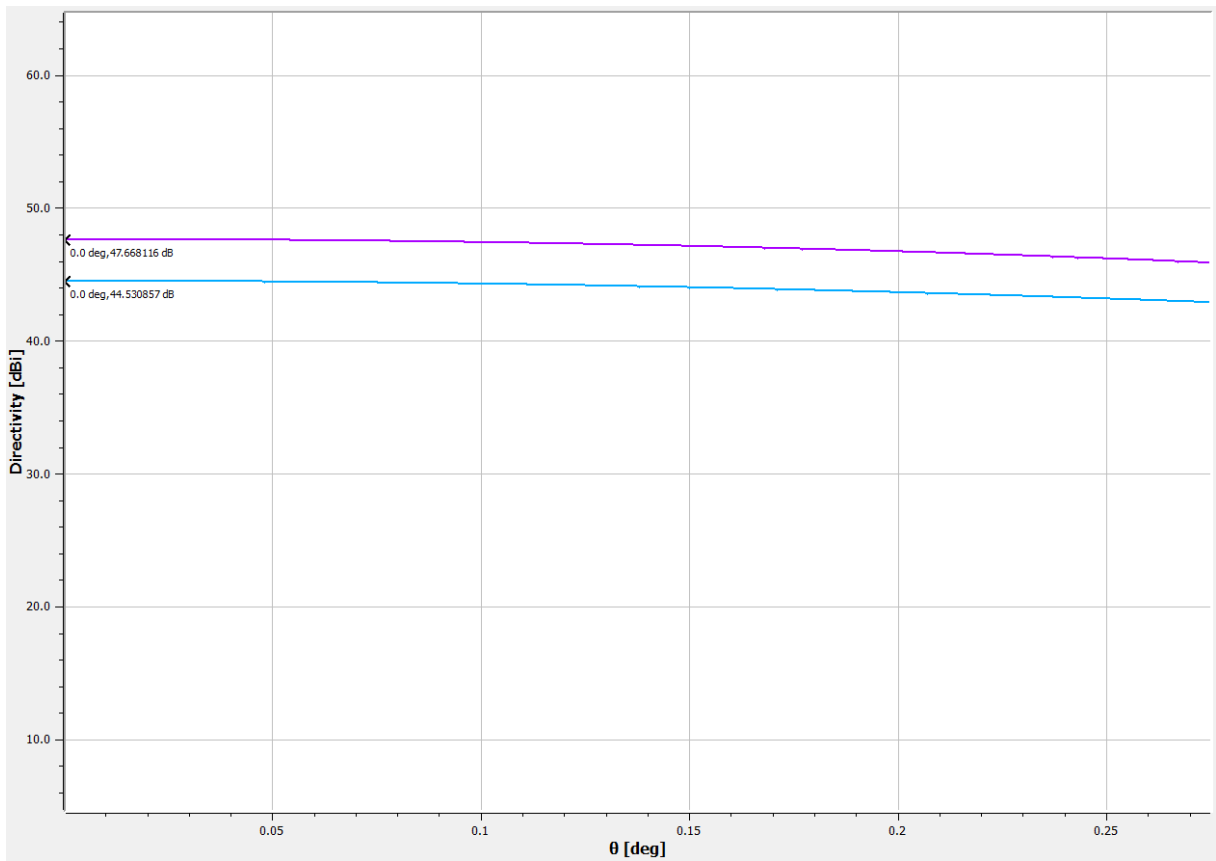
Slika 1 - 2.5m antena



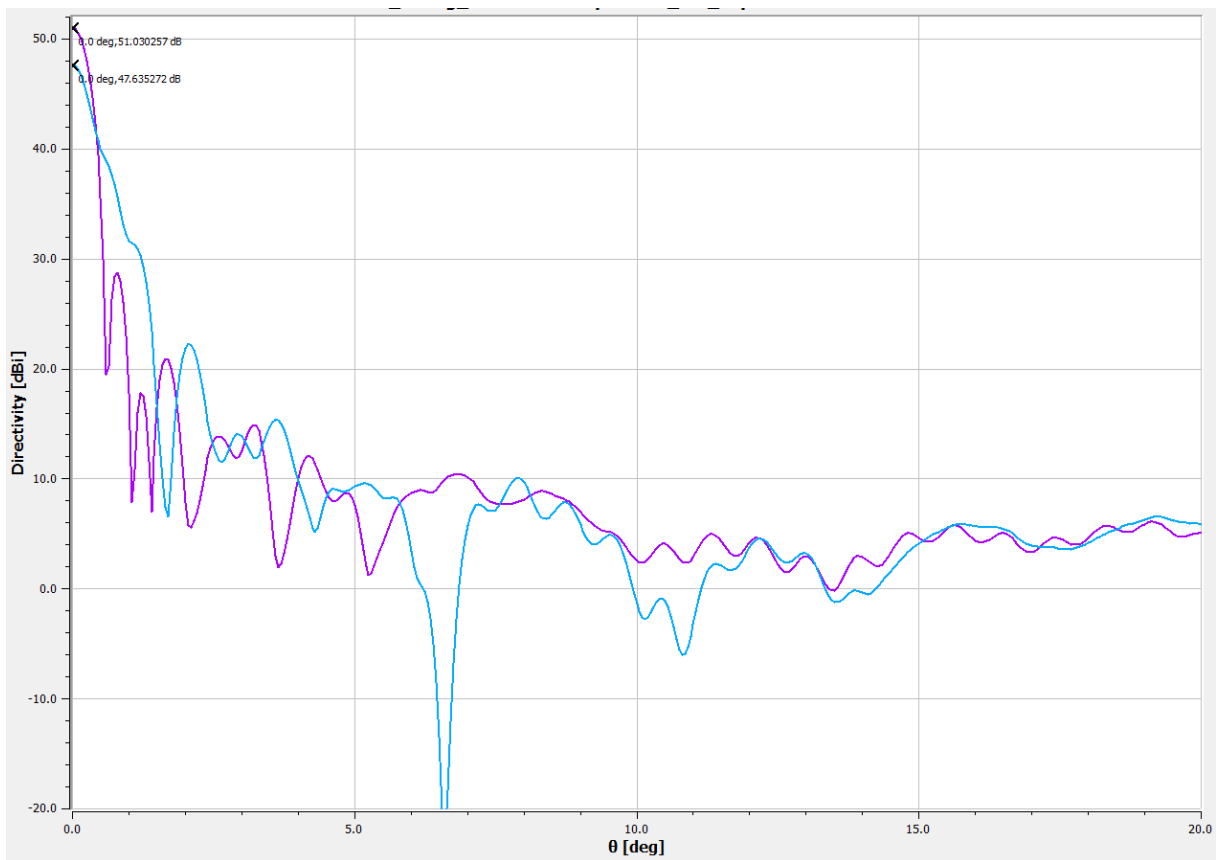
Slika 2 - 2.5m antenna



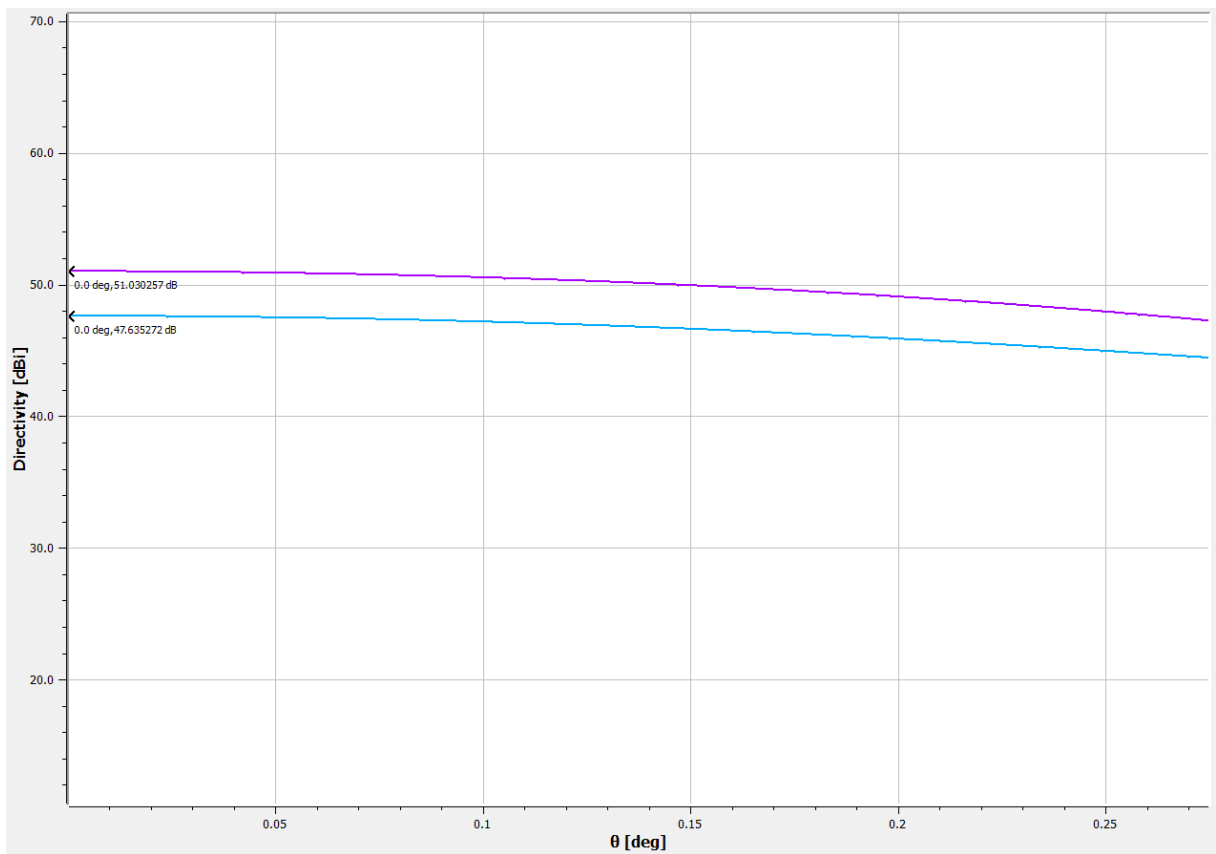
Slika 3 - 3.5m antenna



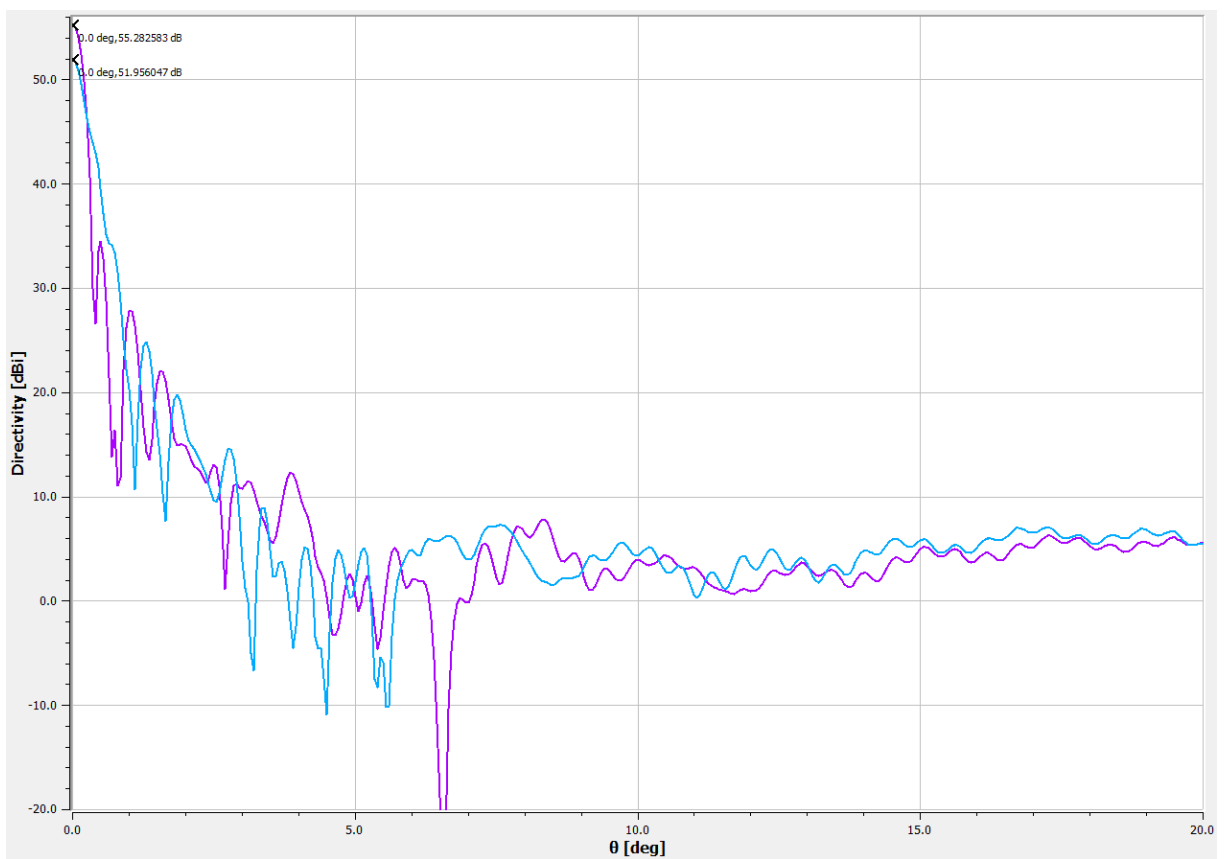
Slika 4 - 3.5m antenna



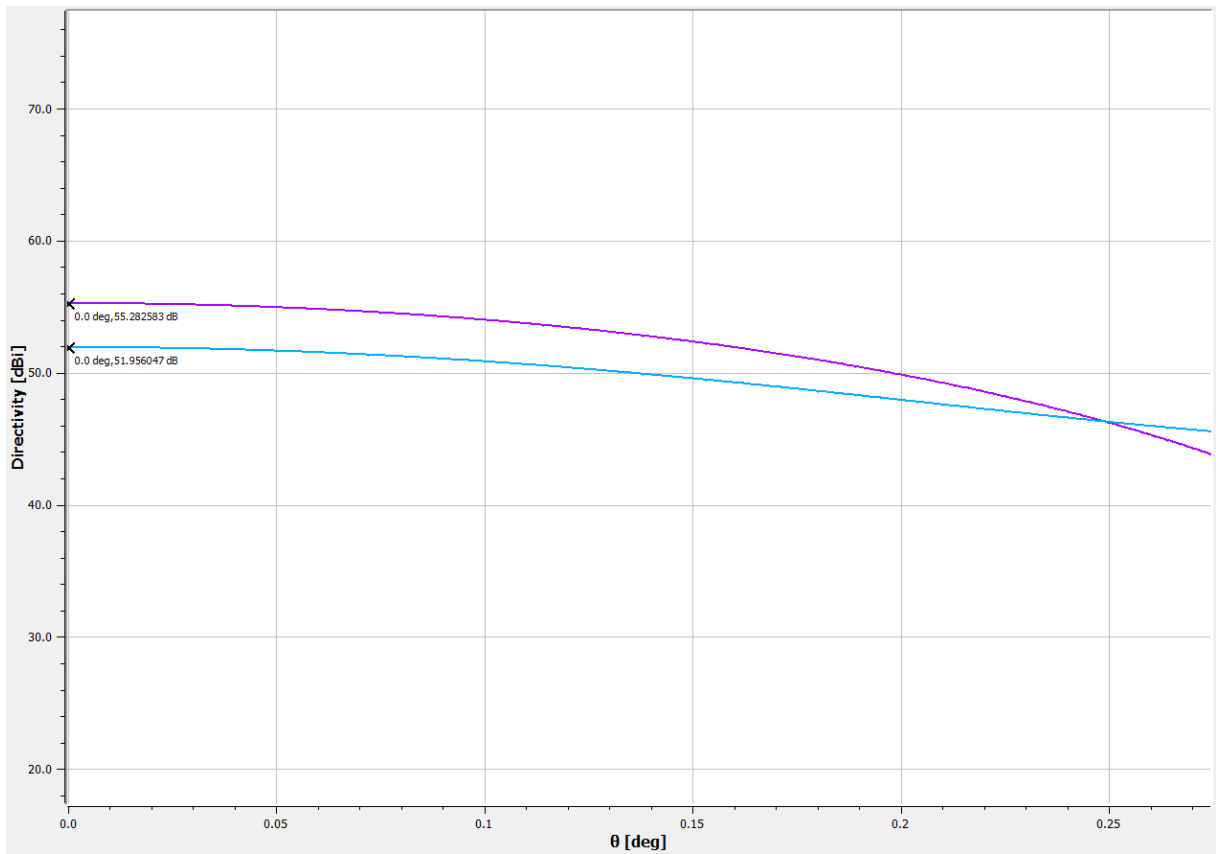
Slika 5 - 5m antenna



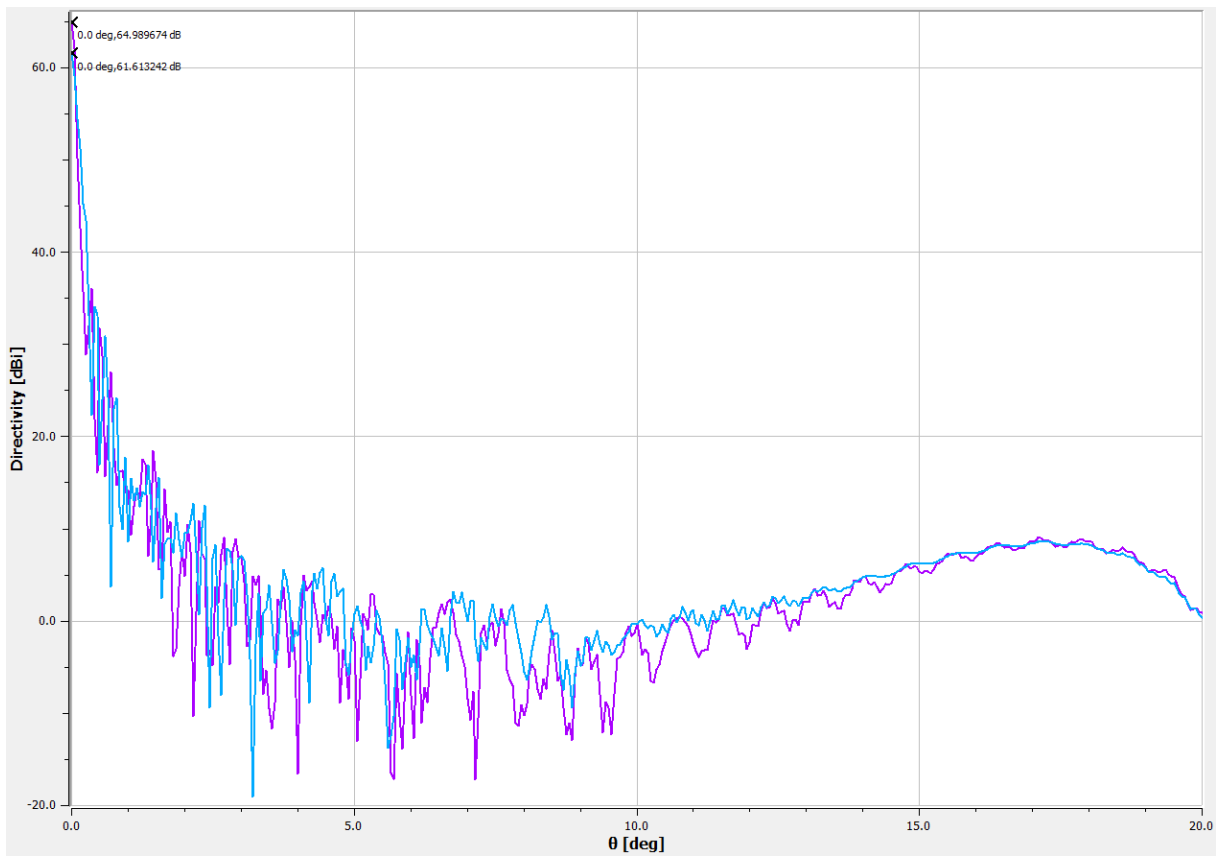
Slika 6 - 5m antenna



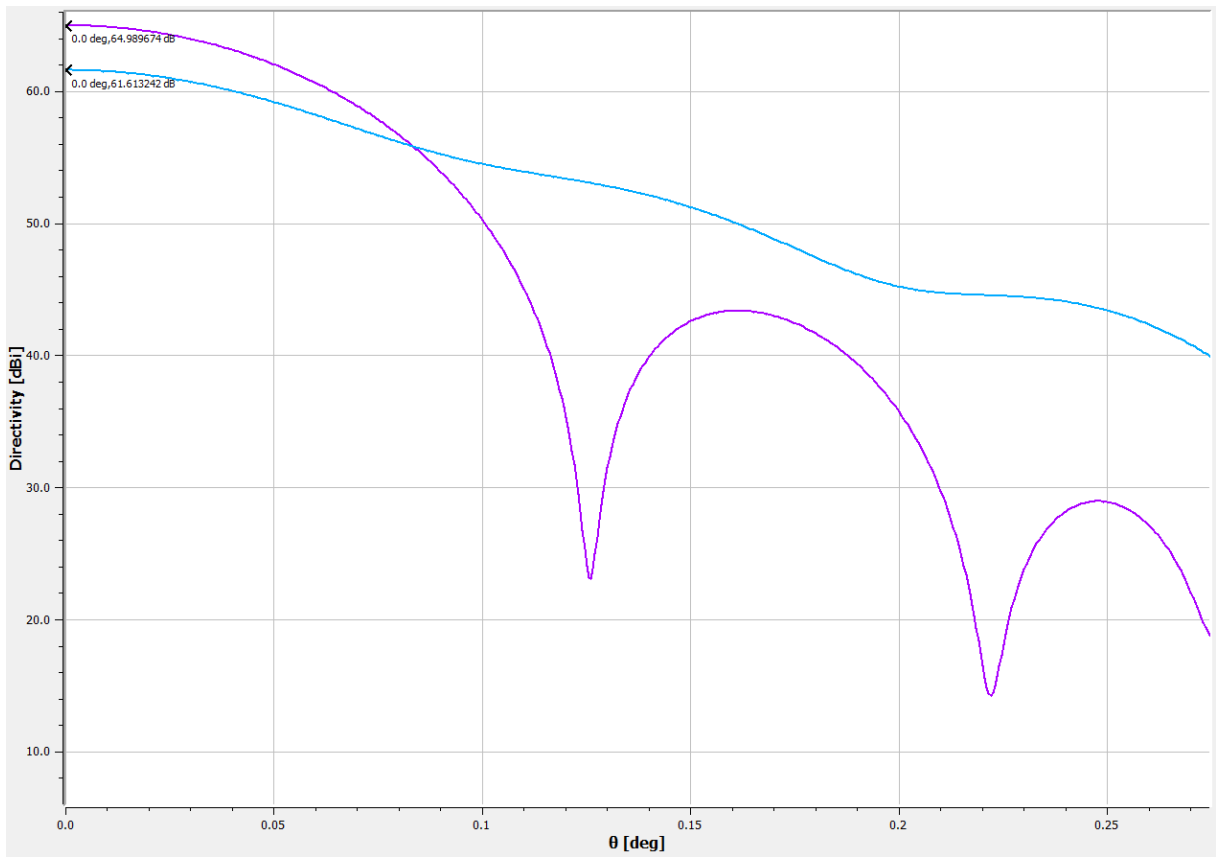
Slika 7 - 8m antenna



Slika 8 - 8m antenna



Slika 9 - 24m antenna



Slika 10 - 24m antena

Končna tabela z zbranimi rezultati

PREMER	2.5m	3.5m	5m	8m	11.28m	24m
K2 OPTIMALNA ANTENA	1.1084	1.2144	1.4794	2.5982	4.923	22.0825
K2 DEFOKUSIRANA ANTENA	1.088	1.1983	1.4199	2.0784	3.055	10.1739
Y-faktor OPTIMALNA [dB]	0.6458	1.2618	2.1	3.2	3.6	3.71
Y-faktor DEFOKUSIRANA [dB]	0.3652	0.662	1.1347	2.0	2.55	3.56
G/T OPTIMALNE ANTENE [dB/K]	21.75	25.37	28.9	33.77	35.92	43.99
G/T DEFOKUSIRANE ANTENE Z KONSTANTNIM K2 FAKTORJEM [dB/K]	19.13	22.26	25.68	31.07	33.83	43.73
G/T DEFOKUSIRANE ANTENE Z ODGOVARAJOČIM K2 FAKTORJEM [dB/K]	19.05	22.2	25.5	30.1	31.76	40.36