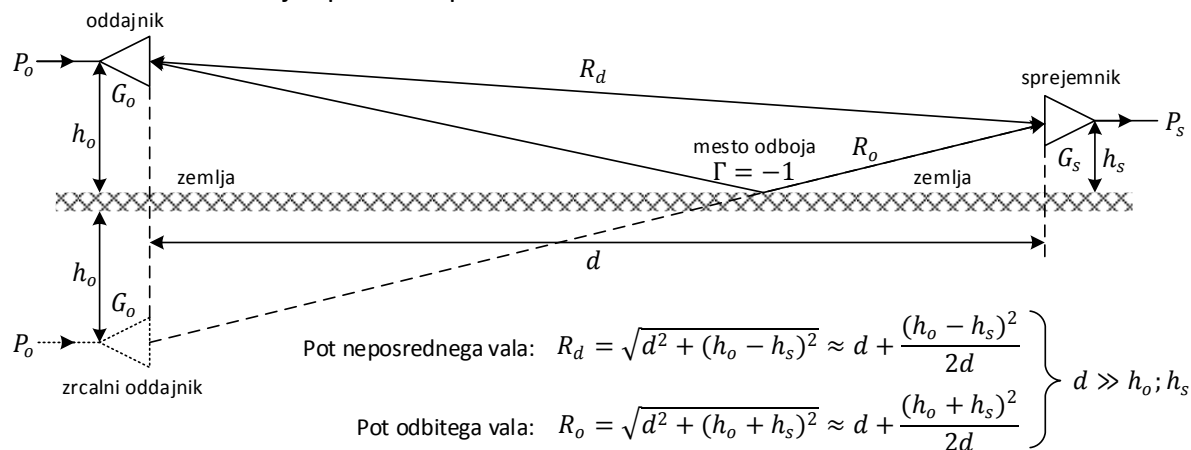


## Interferenca valov nad ravno površino

### Radijska zveza nad zemeljsko površino

Odbiti valovi ne motijo samo antenskih meritev pač pa tudi večino resničnih radijskih zvez. V slučaju zemeljske radijske zveze je najbolj nadležen odboj od ravne zemeljske površine, ki je ponazorjen na Sliki 1. Odboj od zemeljske površine prinaša predvsem dodatno slabljenje v radijsko zvezo. Celotno slabljenje zveze s takšnim odbojem je zato dosti večje od slabjenja zveze na enaki razdalji v praznem prostoru.



Slika 1: Radijska zveza nad zemeljsko površino

V večini radijskih zvez sta višini oddajne  $h_o$  in sprejemne  $h_s$  antene dosti manjši od vodoravne razdalje med antenama  $d$ . Kot, pod katerim se radijski valovi odbijejo od zemeljske površine, je zelo majhen in to ima več posledic. Pri nizkih vpadnih kotih je odbojnost zemeljske površine skoraj enaka -1, ne glede na prevodnost tal. Vpliv neravnosti tal je majhen iz istega razloga. Ker je kot med neposrednim in odbitim žarkom majhen, neposrednega in odbitega vala običajno ne moremo ločiti s smernim diagramom sprejemne ali oddajne antene.

$$E_s = E_d + E_o = \sqrt{\frac{2P_o G_o Z_o}{4\pi}} \cdot \frac{e^{-jkR_d}}{R_d} + \sqrt{\frac{2P_o G_o Z_o}{4\pi}} \cdot \Gamma \cdot \frac{e^{-jkR_o}}{R_o} \quad (1.1)$$

Električno polje na mestu sprejemne antene je kazalčna vsota neposrednega in odbitega vala, ko to prikazuje enačba 1.1. Pri majhnih višinah obeh anten nad ravno zemeljsko površino je interferenca med neposrednim in odbitim valom uničujoča in znatno slabi polje na mestu sprejema. Obratno se pri velikih višinah anten prispevki neposrednega in odbitega vala lahko tudi seštejejo v fazi in dobimo zaradi odboja celo močnejše polje kot pri enako dolgi zvezi v praznem prostoru.

$$\begin{aligned}
 P_s &= \frac{G_s \lambda^2}{4\pi} \cdot \frac{|E_s|^2}{2Z_o} \\
 &\approx \frac{P_o G_o G_s \lambda^2}{(4\pi d)^2} |e^{-jkR_d} - e^{-jkR_o}|^2 \\
 &\approx \frac{P_o G_o G_s \lambda^2}{(4\pi d)^2} \cdot 4 \sin^2 \left\{ \frac{\pi}{2d\lambda} [(h_o + h_s)^2 - (h_o - h_s)^2] \right\}
 \end{aligned} \quad (1.2)$$

$$P_s \approx \frac{P_o G_o G_s \lambda^2}{(4\pi d)^2} \cdot 4 \sin^2 \left( \frac{2\pi h_o h_s}{d\lambda} \right) \quad (1.3)$$

Končni rezultat za slabljenje takšne zveze je v enačbi 1.2 napisan tako, da predstavlja prvi del izraza slabljenje v praznem prostoru, drugi del pa dodatek zaradi interference. V slučaju zemeljske radijske zveze sta višini obeh anten majhni glede na razdaljo med antenama, zato je argument sinusa majhen in lahko vrednost sinusa kar nadomestimo z argumentom, kot to zapišemo z enačbo 1.3. V tem slučaju ugotovimo, da raste slabljenje takšne radijske zveze s četrto potenco razdalje, v nasprotju z zvezo v praznem prostoru, kjer raste slabljenje le s kvadratom razdalje. Dodatno slabljenje zaradi interference lahko zmanjšamo le z večjo višino obeh anten nad zemeljsko površino.

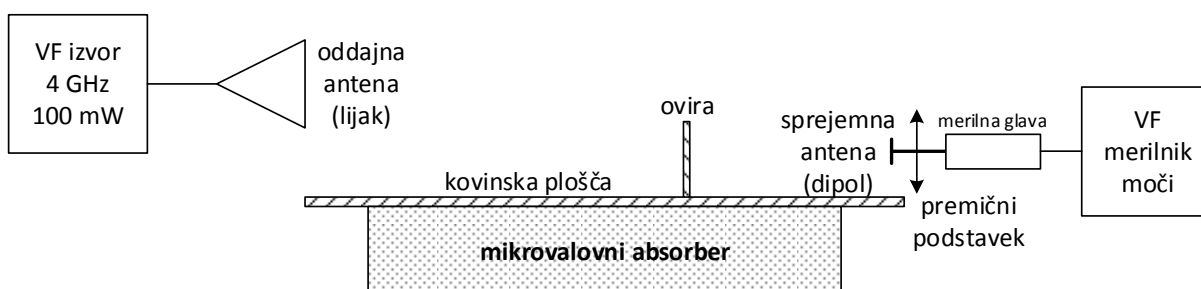
V slučaju radijske zveze zemeljske postaje z letalom ali umetnim satelitom povzroča odboj od površine tal nadležno nihanje jakosti signala. Ker so vpadni koti večji, se vplivu odbitih valov lahko izognemo z uporabo usmerjenih anten. Interferenco z odbitimi valovi omejimo tudi z uporabo krožne polarizacije, ker ima odbojnost tal pri večjih vpadnih kotih različen predznak za vertikalno oziroma horizontalno polarizacijo in zato menja smer vrtenja krožno polariziranega vala.

### Seznam potrebnih pripomočkov

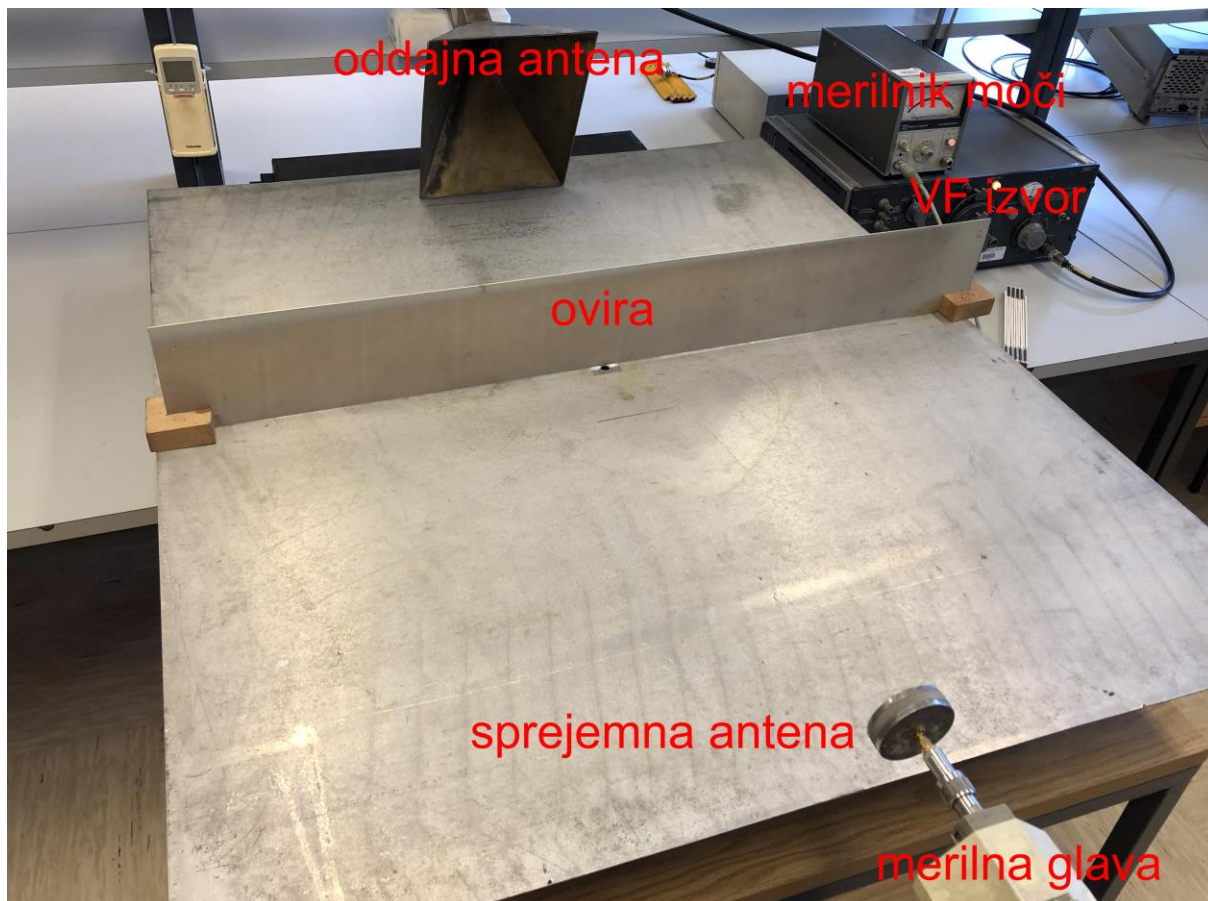
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 1.7-4.2GHz, z izhodno močjo vsaj 20dBm (100mW).
- Oddajno anteno (lijak) za "S" frekvenčno področje na nepremičnem podstavku.
- Sprejemno anteno (dipol) za "S" frekvenčno področje na podstavku z nastavljivo višino.
- Visokofrekvenčni merilnik moči z ustrežno glavo.
- Ravno kovinsko ploščo s površino vsaj en kvadratni meter, na ustreznem podstavku (mizi).
- Nekaj plošč ravnega mikrovalovnega absorberja.
- Kovinski trak širine 5-10cm in dolžine 1m.
- Priključne kable za vse povezave.

Postavitev merilnih pripomočkov prikazuje Slika 2, razporeditev pa Slika 3.



Slika 2: Skica vezave merilnih pripomočkov



Slika 3: Slika vezave merilnih pripomočkov

### Opis poteka vaje

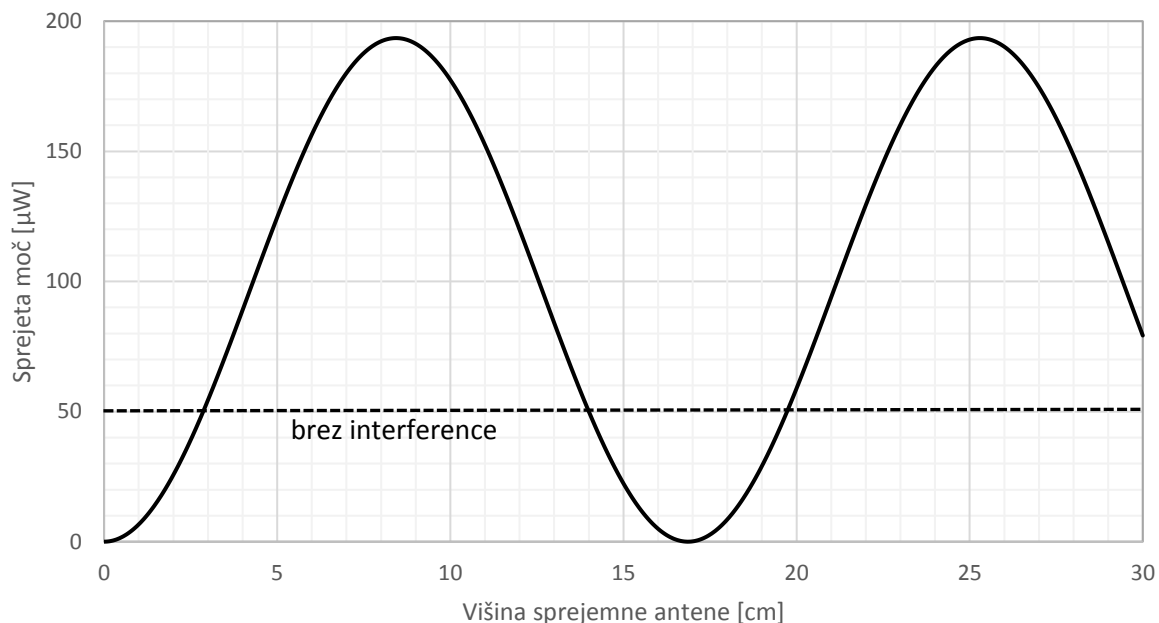
Pri izvedbi vaje moramo najprej pomisliti na zahteve meritve in na omejitve merilnih inštrumentov. Pri meritvi slabljenja radijske zveze zahtevamo, da se anteni nahajata na dovolj veliki razdalji, v področju daljnega polja. Zahtevo upoštevamo za obe anteni, ki ju uporabljamo pri meritvi! Pazimo tudi, da imata obe anteni enako polarizacijo. Smiselna izbira je horizontalna (vodoravna) polarizacija, ker lahko sprejemni dipol pripeljemo tik nad površino odboja.

Ravno zemeljsko površino ponazorimo s kosom pločevine, ki ima za razliko od tal odbojnost  $-1$  tudi za večje vpadne kote. Pločevino postavimo na kocko iz mikrovalovnega absorberja in tako zagotovimo, da se radijski valovi ne razširjajo slučajno tudi pod ploščo. Plošča mora biti tudi zadosti ravna glede na valovno dolžino oddajnika!

Glavna omejitev merilnih instrumentov je občutljivost merilnika moči (sprejemnika). Za takšen sprejemnik potrebujemo nekoliko močnejši merilni oddajnik tudi na majhnih razdaljah. Zato uporabimo kot oddajnik klistronski generator z izhodno močjo nekaj sto mW. Največjo izhodno moč dosežemo z nastavitvijo sklopa na resonator klistrona. Pred začetkom meritve je treba nastaviti ničlo merilnika moči, seveda pri odklopljeni sprejemni anteni!

Pričakovano nihanje sprejemne moči z višino sprejemne antene nad kovinsko površino je prikazano na Sliki 4. Nihanje moči seveda izgine oziroma močno oslabi, če kovinsko ploščo odstranimo oziroma jo prekrijemo s kosom mikrovalovnega absorberja. Na ta način lahko tudi enostavno preverimo učinkovitost samega absorberja.

Končno postavimo na kovinsko ploščo med sprejemnik in oddajnik oviro, na primer 5 do 10cm visok kovinski trak v celotni širini plošče. Če nam je prej interferenca zadušila sprejem, se lahko v prisotnosti ovire sprejeta moč tudi poveča. Na prvi pogled nesmiselni pojav imenujemo "ojačenje ovire" in tudi v praksi ta pojav ni prav redek: pogosto je slabljenje radijske zveze preko gorskega grebena manjše kot pa slabljenje zveze preko ravnine.



Slika 4: Sprejeta moč kot funkcija višine sprejemne antene

Rezultat vaje predstavimo kot diagram sprejete moči, ki je funkcija višine sprejemne antene. V rezultatu ne smemo pozabiti na višino in položaj oddajne antene, višino in položaj ovire (ko jo imamo) in točno valovno dolžino oddajnika!

### Naloga

1. Izmerite interferenco valov nad ravno površino ter izrišite moč sprejetega polja v odvisnosti od višine sprejemne antene na graf.
2. Nalogo 1. ponovite ko na vmesno pot postavite ravno oviro.