Fran Ivan Vrban

Mentor: dr. sc. Tomislav Jurkić, dipl. inž.

tjurkic@phy.uniri.hr

RADIO TELESKOP

Rijeka

5.5.2014.

Prva sušačka hrvatska gimnazija

Gajeva 1, Rijeka

Sažetak

Radio teleskop je vrsta astronomskog pomagala koji prima elektromagnetsko zračenje frekvencija od 3 Hz do 300 MHz. U ovome sam radu sastavio samostalno radio teleskop i snjim sam promatrao razne nebeske fenomene poput Jupiterovog magnetskog polja i galaktičkog pozadinskog zračenja. Radio teleskop koji je korišten u ovom istraživanju sastoji se od antene i prijemnika. Prijemnik je građen od stotinjak komponenti, a glavna mu je zadaća pojačavanje i digitaliziranje signala te filtriranje nepotrebnih šumova sa Zemlje. Radio teleskop opaža na frekvenciji od 20.1 MHz, pri čemu je korišten dvojni dipol kao antena koji zauzima površinu od 70 kvadratnih metara i visok je 3 - 5 m. Mjerenja su digitalizirana i snimana računalom pomoću programa Radio Sky-Pipe, čime je omogućeno opažanje Jupiterovih oluja u radiovalnom području.

Jupiterova magnetosfera je nevjerovatno složena, te je još uvijek ne poznajemo dovoljno dobro, pa sam se barem malo htio uključiti u rješavanje tog problema. Zbog različite brzine rotacije jezgre i okolnog sloja Jupitera stvara se snažno magnetno polje. Važnu ulogu u Jupiterovoj magnetosferi ima njegov satelit Io. Interakcijom Jupiterovog torusa i IFT-a (prsten koji se proteže od Jupiterovih polova preko Ia) nastaju razni fenomeni koje sam uočio. Mjerenja su zabilježila snažno konstantno zračenje s Jupitera u trajanju od sat vremena što je identificirano kao provala zračenja L-tipa (L-burst). Također je opaženo i puno slabije zračenje S-tipa (S-burst). Mjerenjem intenziteta i dužine trajanja pokazano je da L tip provale traje puno duže od S tipa i da mu je snaga barem 200 puta veća od pojedinačne provale S tipa.Galaktičko pozadinsko zračenje je vrlo slabo te je predstavljalo izazov za mjerenja.

Sadržaj

1. Uvod 4

2. Opis problema/cilj rada 8

3. Mjerenja i metode obrade 9
   3.1. Prijemnik 9
   3.2. Antena 14

4. Analiza rezultata i diskusija 19
   4.1. Analiza tipova signala 19
   4.2. Analiza L i S provala 23
   4.3. Analiza snage pojedinih L i S burstova (provala) 25

5. Zaključak 26

6. Životopis i zahvala 27

7. Literatura 28

1. Uvod

Radio teleskop je vrsta astronomskog pomagala koji prima elektromagnetsko zračenje frekvencije 3Hz-300 MHz. Promatrat ću i objasniti sljedeće pojave: Jupiterovo magnetsko polje i zračenja koja proizlaze iz njega i galaktičko pozadinsko zračenje.

Slika 1. Velika crvena pjega

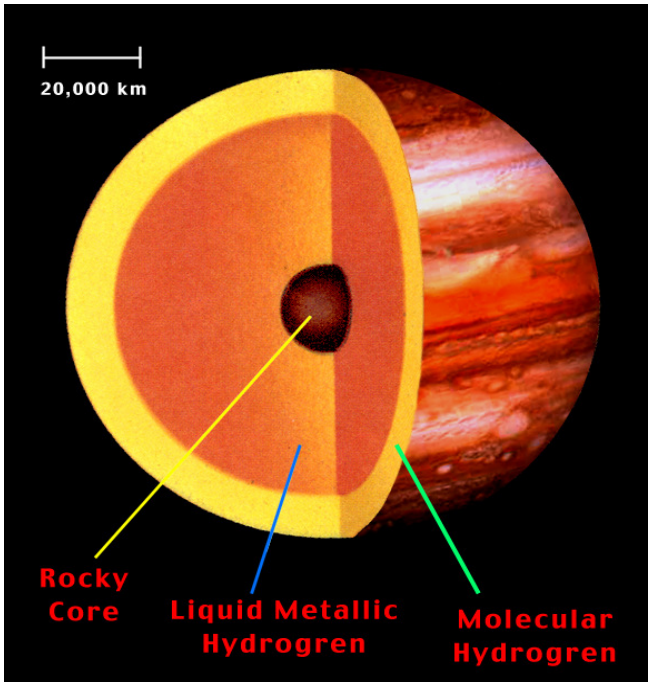
Prvo otkriće radio valova je napravio Carl Jansky 1933. godine otkrivši zračenje naše galaksije u radiovalnom području. Danas, radio astronomija zauzima važnu ulogu u istraživanju svemira. Radio teleskopi se većinom sastoje od velikih diskova-antena, koje mogu biti široki nekoliko stotina metara (Arecibo). Radio astronomija je značajna jer radio valovi prodiru kroz oblake plina i prašine, pa tako uspijevamo saznati nešto o zvijezdama iza ili unutar tih oblaka koje bi nam inače bile nedostupne u drugim područjima spektra (npr. u vidljivom). Osim toga, opažanja u radio području moguća su i za oblačnog vremena. Amaterskim astronomima, poput mene, to znači mnogo jer se mjerenja mogu odvijati i po oblačnome vremenu kada su opažanje onemogućena s optičkim teleskopima. Pomoću radio teleskopa otkriveni su razni i neobični objekti poput pulsara. Pulsari su ostaci zvijezde koji periodički zrače s nevjerovatno točnim periodom, pa se u početku smatralo da signal šalju izvanzemaljci.

Radio teleskop koji je korišten u ovom istraživanju sastoji se od antene i prijemnika.

Jupiter je peti planet od Sunca i najveći je planet u Sunčevom sustavu. Udaljen je 5.2 AJ (778 330 000km) od Sunca i ima masu od 1.9 x 10^{27} kg. Jupiter ima 63 satelita, a najveći su Galilejevi sateliti: Io, Europa, Ganimed i Kalisto.

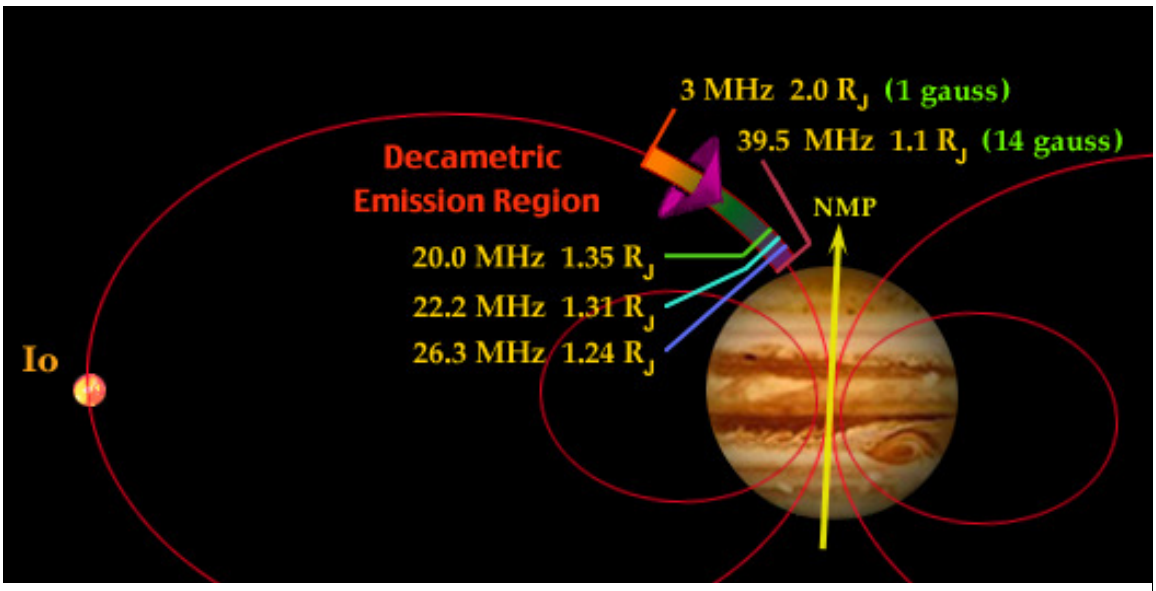
U radiovalnoj emisiji s Jupitera Io ima posebnu važnost. Jupiterov period revolucije iznosi 11.87 godina, a period rotacije 9 h i 50 min. Ispod Jupiterove fascinantne atmosfere kriju se slojevi koji također imaju utjecaj u radiovalnom

zračenju Jupitera. Jupiter ima 2.5 puta veću masu od svih ostalih planeta u Sunčevom sustavu. Znanstvenike već stoljećima intrigira velika crvena pjega (Slika 1.) , Jupiterovo „oko“, što je zapravo velika ciklonska oluja. Jupiter je građen najvećim dijelom od vodika (89%) i helija (10%). Jupiterovo magnetsko polje je uvjetovano njegovom građom. Zbog enormnog pritiska, koji je uzrokovan masom Jupitera, jezgra je čvrsta kugla veća od Zemlje nekoliko puta. Zbog takvog pritiska jezgra građena od najlakših plinova postaje kamenom. Oko kamene jezgre nalazi se tekući-metalni vodik, zajedno s helijem. Zbog njihovih različitih svojstava rotiraju se različitom brzinom čime nastaje jako magnetsko polje. Tekući-metalni vodik i helij su odlični vodiči struje, što pogoduje nastanku snažnog magnetskog polja kroz efekt dinama.Magnetosfera je čak 4000 puta jače od Zemljinog i proteže se sve do Saturnove orbite. Magnetsko polje Jupitera je toliko jako da kada bi se čovjek našao unutar njega,odmah bi bio ozračen smrtonosnom dozom ioniziranih čestica zarobljenih u tom polju. Elektroni koji su uhvaćeni u magnetskom polju se kreću toliko brzo da se njihova brzina može usporediti s brzinom svjetlosti.



Slika 2. Jupiterova građa.

Magnetsko polje usmjeruje elektone u spiralnu putanju (zbog djelovanja magnetske sile na elektron u gibanju) gdje elektroni stvaraju zračenje koje

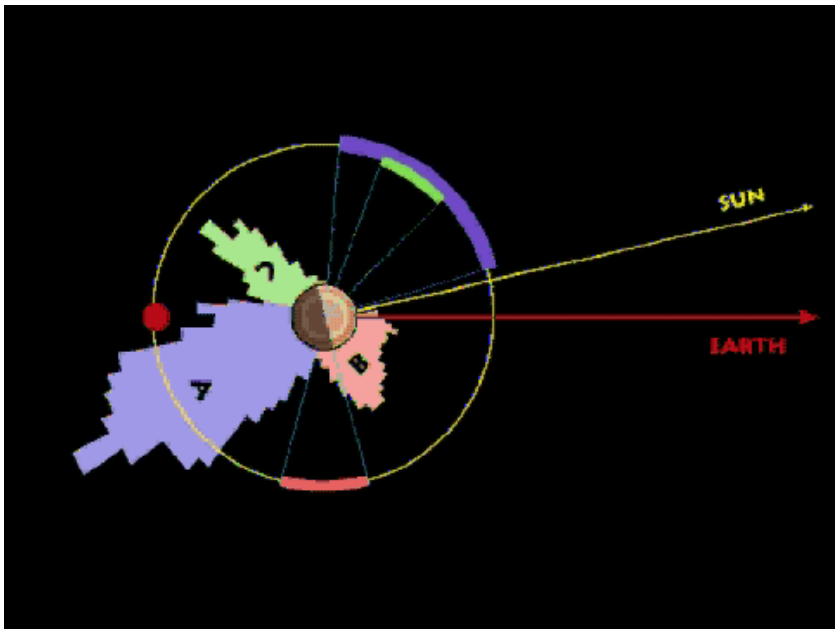


Slika 3. Ciklotrono (dekametarsko) zračenje.

zovemo sinkrotronsko (decimetarsko) i ciklotronsko (dekametarsko) zračenje. Naime, nabijene čestice (elektroni) koje mijenjaju smjer gibanja emitiraju radiovalno zračenje u tom smjeru. Zračenje se stoga emitira u smjeru stošca. Zračenje se razlikuje po tome na kojoj geografskoj širini se pojavljuje. Jače magnetsko polje se pojavljuje oko polova, pa je tamo i zračenje jače. Radi se o ciklotronskom zračenju koje ću ja i promatrati.

Ciklotronsko zračenje se dijeli na dva tipa zračenja : L(long) i S(short) eksplozije (provale,burstovi) zračenja.

Postoje tri izvora ciklotronskog zračenja koji su fiksni u odnosu na Jupiterovo magnetsko polje (Slika 4.) . Različiti su po jačini i tipu(L,S-eksplozije) zračenja. Važnu ulogu u radiovalnom zračenju Jupitera ima njegov najbliži satelit Io. Kada je jedan od tih izvora zračenja usmjeren prema Zemlji i Io se nalazi u točno određenoj poziciji, mi vidimo zračenje s Jupitera.Postoje tri odnosa pri kojima dolazi do provale zračenja – Io-a, Io-b i Io-c. Razlikuju se po kutu između Ia,Jupitera i Zemlje.

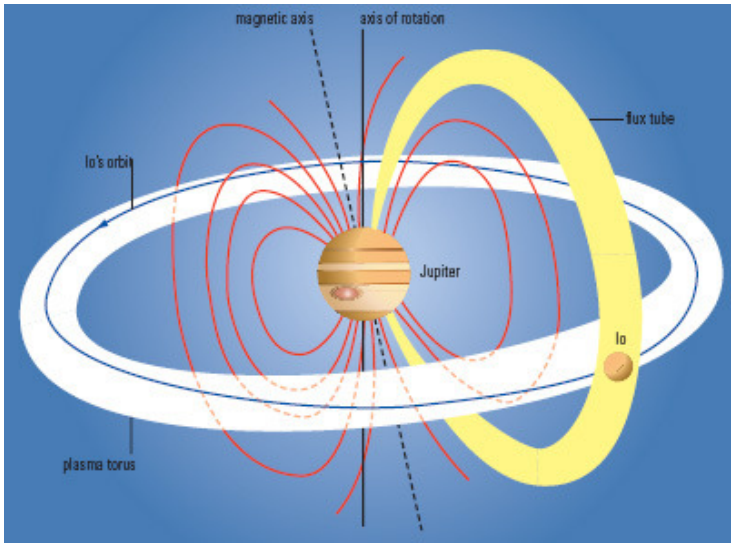


Slika 4. Fiksni Jupiterovi izvori zračenja (A,B,C).

Zbog velike gravitacije Jupitera i velike blizine Ia, Jupiter rasteže Io. Trenjem se oslobađa velika energija unutar Ia čime nastaje magma. Magma je izbačena na površinu pomoću vulkana. Oni izbacuju u atmosferu razne plinove poput sumpora i kisika. Čestice plina pod utjecajem Jupiterovog magnetskog polja (sudari s elektronima velikih brzina koji orbitiraju oko Jupitera) postaju ionizirani i stvaraju ogroman pojas (torus) koji podsjeća na krafnu koja se proteže između Ia i Jupitera (Slika 5.).

Također pod utjecajem magnetskog polja stvara se IFT (Io Flux Tube). On se kao prsten proteže od Jupiterovih polova preko Ia i okomit je na torus (Žuta boja na slici 5.).

Interakcijom torusa,IFT-a i Jupiterovog magnetskog polja nastaje radiovalno zračenje koje se može promatrati s površine Zemlje.



Slika 5. Jupiterovo magnetsko polje (torus, IFT, ...).

2. Opis problema/cilj rada

U mom istraživanju sam istraživao fenomene u radiovalnom području. Danas još uvijek ne poznajemo dovoljno dobro Jupiterovo magnetsko polje pa sam se barem malo htio uključiti u rješavanje tog problema. Nije još dovoljno jasno stvaranje zračenja u Jupiterovoj atmosferi i cjelokupna povezanost Ia i njegovog matičnog planeta. Pomoću radio teleskopa se mogu promatrati i drugi astronomski objekti poput Sunca ili naše galaksije. Mogu se uočiti i neki procesi na našem planetu poput grmljavine u nekom udaljenom području. Značaj promatranja Sunca je u koronalnom izbačaju mase, što bitno utječe na naš planet, posebice na elektroniku. Iz tih razloga odlučio sam konstruirati radio teleskop i opažati fenomene u radiovalnom području.

Cilj mog rada je radiovalnog zračenja Jupitera te konstrukcija radio-teleskopa. Za uspješno opažanje Jupitera, potrebno je mjerenja korigirati za šum koji je uvijek prisutan na nebu. Zbog toga sam promatrao i galaktičko pozadinsko zračenje koje je prisutno svuda na nebu. Galaktičko pozadinsko zračenje predstavlja problem sa stalnim šumovima, što uvelike utječe na točnost mjerenja procesa na nebu. Koronalno izbačenje mase Sunca se također može promotriti kao i grmljavine na Zemlji. Promatranje Jupitera je svakako najviše zanimljivo od svega do sad nabrojanog.

Najveći problem u mom istraživanju je predstavljala konstrukcija radio teleskopa-antene i prijemnika, te je ona uzela najviše vremena. Konstrukcija prijemnika je bila vrlo složena,a montiranje antene i čekanje pravog trenutka je također bio pravi pothvat. Problem kod radio astronomije je taj što su radio valovi male energije (zbog velike udaljenosti izvora) te stoga u prijemniku induciraju vrlo male napone od samo oko 1 mikrovolt, te ih treba pojačati. Problem je i pogađanje točne frekvencije koje dolazi s Jupitera, ali i utjecaj niza raznih smetnji sa Zemlje. Prijemnik rješava te probleme i pretvara radio radio signal u audio, kojeg snimam pomoću prijenosnog računala.

3. Konstrukcija radio teleskopa, mjerenja i metode obrade

3.1. Prijemnik

Prijemnik sadrži preko 100 elektroničkih komponenti i sam sam ga sastavio. Veliki problem je predstavljala dostupnost komponenti kojih nema u Hrvatskoj, a teško ih je naručiti i putem Interneta. Elektroničku shemu prijemnika sam preuzeo od NASE, tj. njihove grupe za radio astronomiju, a također su mi poslali nekoliko rijetkih komponenti. Njihovu shemu prijemnika sam malo modificirao jer nisam mogao naći nekoliko komponenata ali i time sam pojačao čistoću signala. Signali s Jupitera su vrlo slabi i potrebno ih je pojačati. Te pojačane signale treba digitalizirati, odnosno napon s antene pretvoriti u oblik koji je moguće snimiti na računalo (analogno-digitalna konverzija). Također potrebno je prilagoditi frekvenciju na kojoj ćemo opažati. Prijemnik filtrira nepotrebne frekvencije koje uzrokuju šum i pojačava one koje želimo opažati. Prijemnik i njegovi filtri su podešeni tako da radi na frekvenciji od 20.1 MHz ± 0.1 MHz.

Slika 6. Prijemnik gledan sprijeda

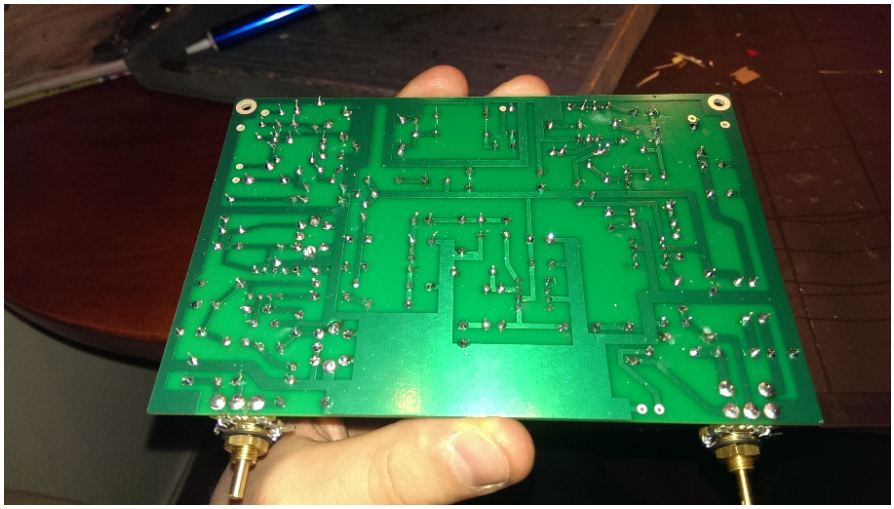
Upravo taj uski pojas frekvencije od 0.2 MHz omogućuje točno podešavanje frekvencije.

Ulaskom signala iz antene u prijemnik, prijemnik filtrira one frekvencije signala koje utječu na interferenciju, tj. sve šumove. JFET tranzistorom se bitno pojačava korisni signal na frekvenciji radiovalne emisije Jupitera. Prijemnik je napravljen tako da se što manje signala gubi unutar njega i da se što manje šuma stvara unutar prijemnika.

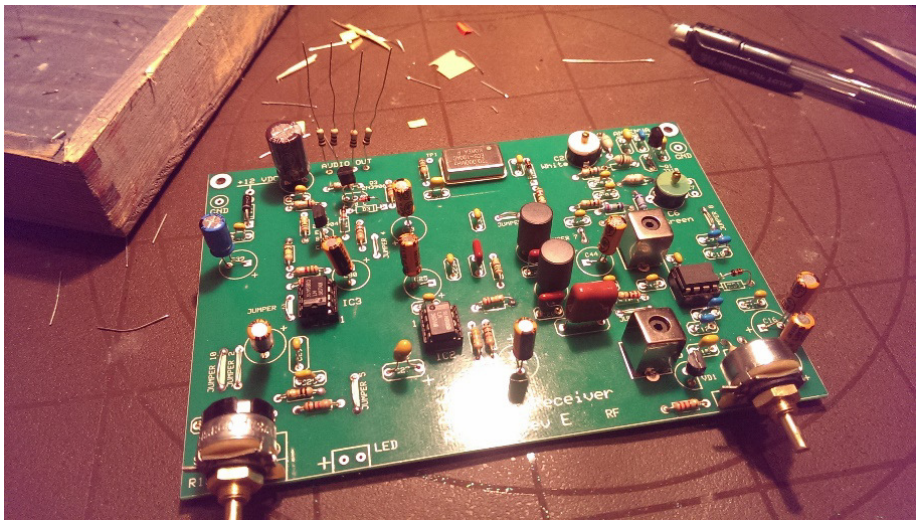
Nakon toga LO (lokalni oscilator) i mikser pretvaraju radio signal u audio signal. Niskofrekventni LPF (low pass filter) filtar je veoma važan jer on eliminira radio stanice na višim frekvencijama koje bi onemogućile bilo kakvo opažanje s Jupitera. On stvara frekvencijski „prolaz“ kroz kojeg radiovalni signali s Jupitera mogu proći, dok se svi ostali signali prigušuju. Na izlazu prijemnika se nalaze dodatni pojačivači signala. Kučište služi kao zaštita od okoline i sprječava ulazak nepotrebnih signala jer djeluje kao Faradayev kavez.

Prijemnik se napaja baterijom od 12 V. Konstrukcija prijemnika je bila vrlo složena, posebno proces lemljenja, a korišteni su razni složeni tranzistori i integrirani krugovi (operacijska pojačala).

Slika 7. Izrada prijemnika



Slika 8. Elektronički dio prijemnika gledan s donje strane.

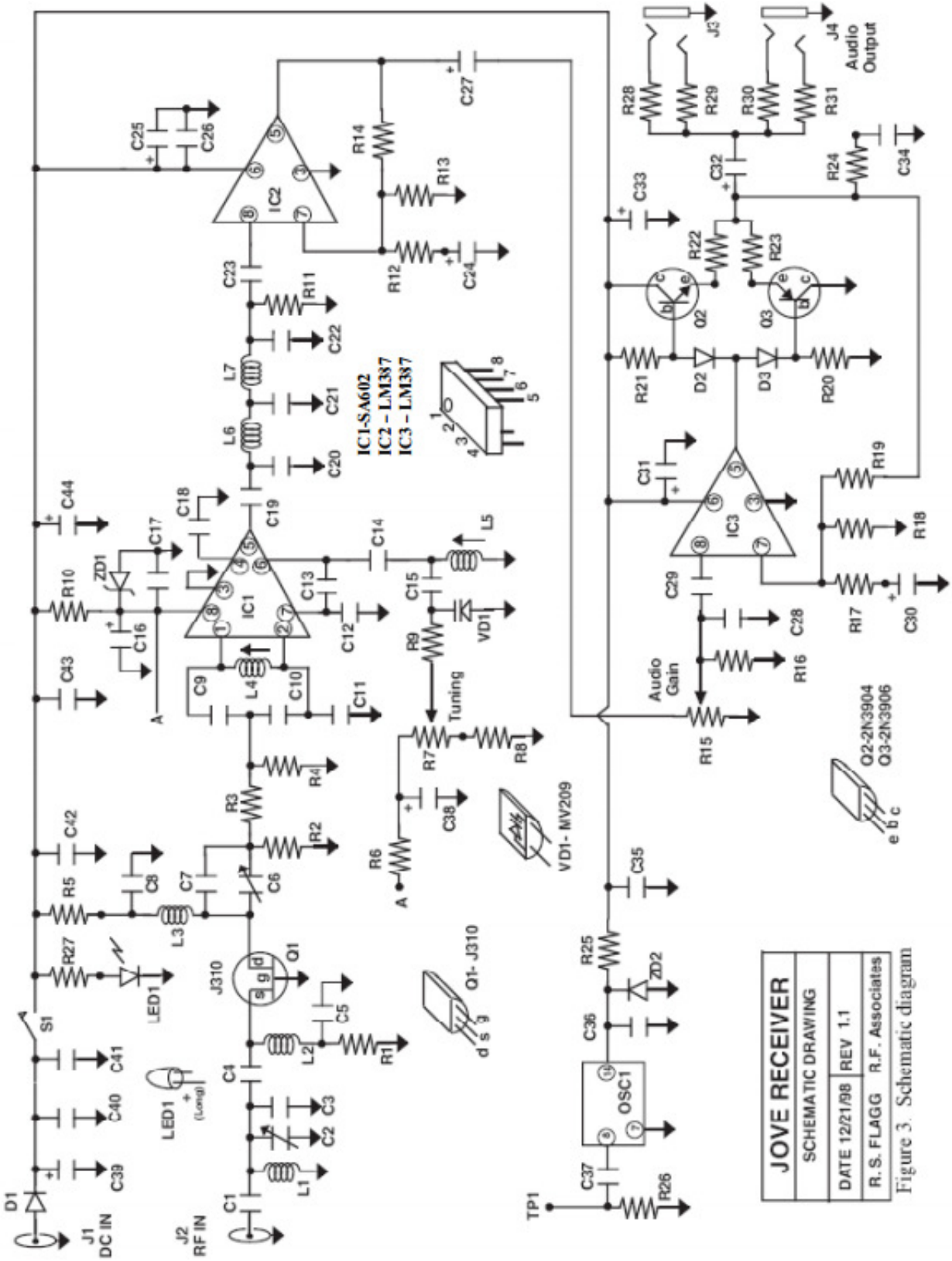


Slika 9. Elektronički dio prijemnika gledan s gornje strane.

Dva promjenjiva otpornika služe za podešavanje i kontrolu prijemnika: jedan za kontrolu intenziteta signala, a drugi za podešavanje frekvencije.

Nakon što sam završio sa slaganjem komponenata potrebno je podesiti kondenzatore i induktore radi što jačeg izlaznog signala.

Maksimalna jačina zvuka koja se može čuti preko prijemnika je 100 dB. Prijemnik otprilike troši 0.1 Ah po satu (što je važno ukoliko će se koristiti za kontinuirana opažanja), a iznimno je osjetljiv na kišu i vlažnost.



Slika 10. Elektronička shema prijemnika.

3.2. Antena

Antena prima energiju iz radio valova i prenosi je do prijemnika, a služi za pretvorbu elektromagnetskog zračenja u mjerljivi električni napon. Promjenjivo radiovalno zračenja inducira napon na krajevima antene – dipola. Taj se napon, proporcionalan intenzitetu radiovalnog zračenja, može pojačati i mjeriti

Slika 11. Montiranje antene.

opisanim prijemnikom. Tip moje antene je dvojni dipol koji je karakterističan za ovu vrstu istraživanja. Antena se sastoji od dva dipola u obliku dvije bakrene žice, tri koaksijalna kabela kojima se signal iz antena dovodi u prijemnik, 4 potporna stupa za dipole i kombinatora koji spaja 2 koaksijalna kabela.

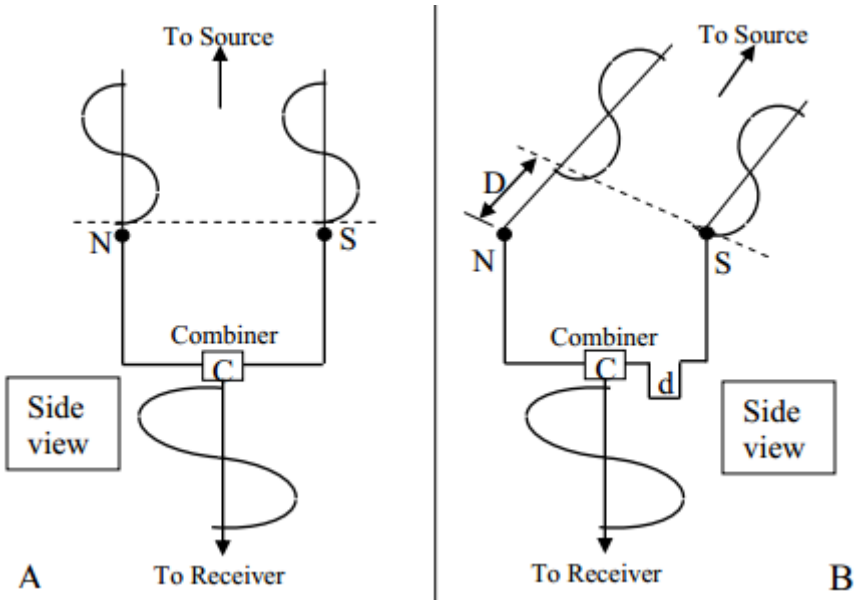
Antena zauzima veliku površinu: 9 x 7 metara. Dvije bakrene žice primaju radio val s neba i pretvaraju radiovalno zračenje u mjerljivi napon. Duljina bakrene žice je uvjetovana valnoj duljini. Frekvencija f na kojoj Jupiter zrači i koju opažamo iznosi 20 MHz pa je stoga valna duljina λ tog vala nešto manje od 15 metara:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

gdje je c brzina svjetlosti. Kako je antena dvojni dipol, duljina svake žice mora biti polovica valne duljine, λ/2, odnosno u ovom slučaju 7.1 m.Visina antene

ima važnu ulogu u opažanjima. Što je antena viša to je veća površina na nebu iz koje prima signale.To se postiže dizanjem bakrene žice pomoću PVC šipke. Koaksijalni kabeli moraju biti točno određene duljine kako ne bi došlo do interferencije, odnosno nastanka šuma. Kombinator služi za kombiniranje signala iz dviju dipola. Signal se može kombinirati samo ukoliko je u fazi (konstruktivna interferencija) zbog čega dovodni koaksijalni kablovi moraju biti točno određene dužine.

Bakrene žice moraju biti napete te je cijela konstrukcija nestabilna. Da bi se to spriječilo potreban je par konopaca na svakom od 4 nosiva stupa kako bi konstrukcija bila stabilna (Slika 13.).

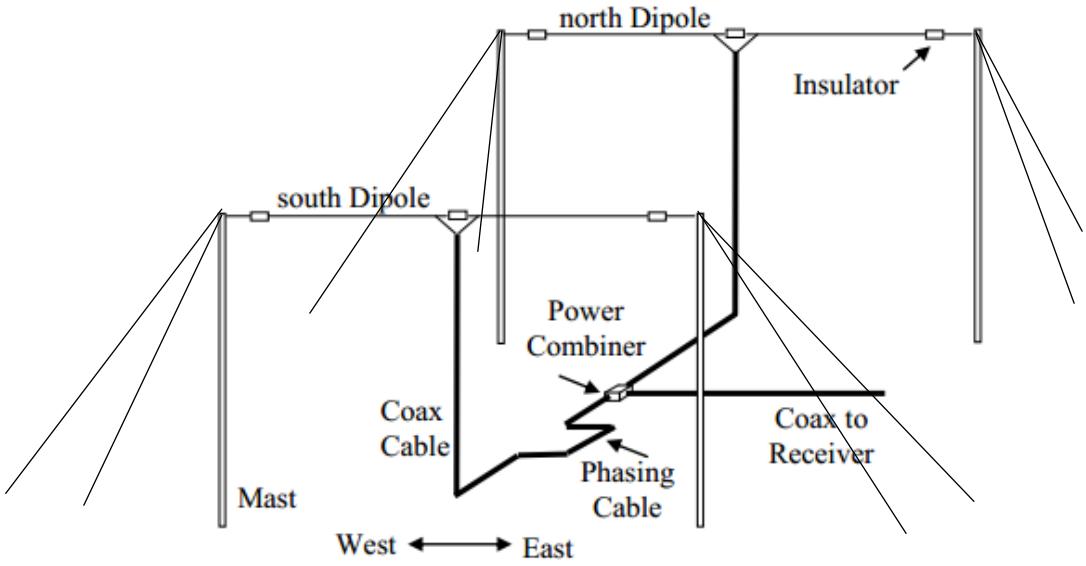


Slika 12. Skretanje antene se postiže dodavanjem duljine koaksijalnog kabela koji sprječava interferenciju.

Slika 13. Postavljanje antene

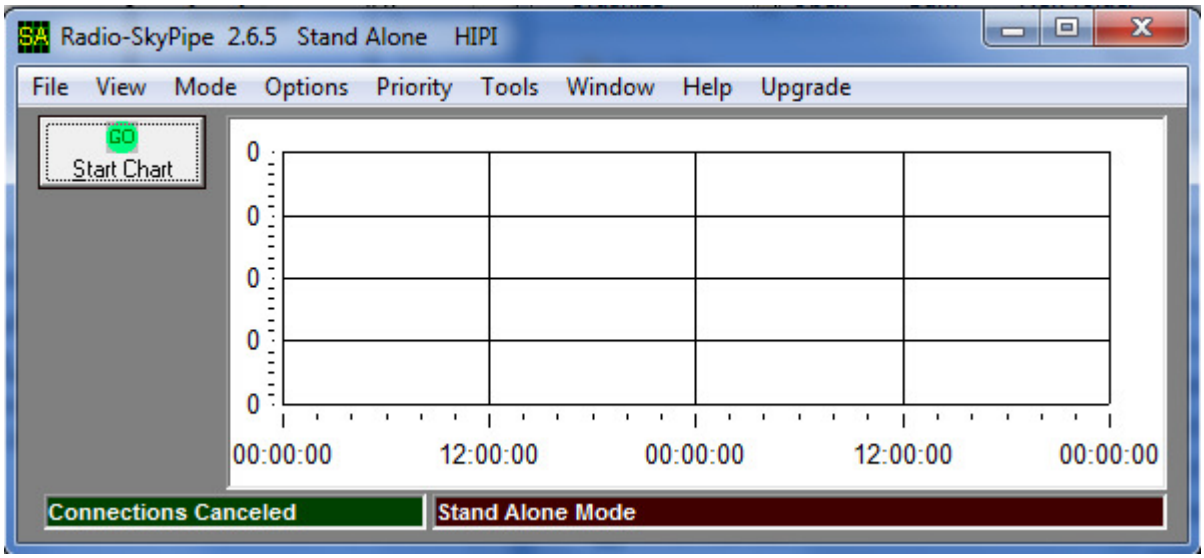
Svaka antena mora imati mogućnost ciljanja. Dvojni dipol je fiksan. Jedino ciljanje je moguće razlikom u fazi (slika 12). Ako Jupiterovo zračenje pada na antenu pod kutem u odnosu na okomicu površine Zemlje, tada zračenje na jednu antenu pada u nešto drugačijoj fazi nego na drugu. Tada dolazi do interferencije koja može biti destruktivna i gubi se signal. Taj se problem može riješiti većom dužinom kabela koji je bliže izvoru. Tada oba vala prijeđu jednak put do kombinatora i ne dolazi do interferencije. Točna širina između dipola (6.1 m) je potrebna kako bi se povećala efikasnost antene.

Nakon što se signal iz svakog koaksijalnog kabela „kombinira“, on putuje do prijemnika trećim koaksijalnim kabelom.



Slika 14. Skica antene.

Prijemnik pojačava i filtrira radiovalni signal kojim na izlazu dobijemo analogni signal u obliku napona. Ovakav je analogni signal potrebno digitalizirati što je učinjeno pomoću zvučne kartice i programa Radio-SkyPipe. Na izlazu prijemnika signal se prvo pretvara u audio signal te zatim pomoću programa Radio-SkyPipe snima putem zvučne kartice. Ovaj program omogućuje daljnju analizu opažanja iako je bitno ograničen mogućnostima analize. Na žalost, nije moguće opažanja snimiti u drugom formatu osim onog kojeg koristi Radio-SkyPipe, pa su stoga dodatne naprednije analize onemogućene. Bez obzira na to, moguće je odrediti srednji intenzitet signala, razinu pozadinskog šuma te načiniti potrebne korekcije.



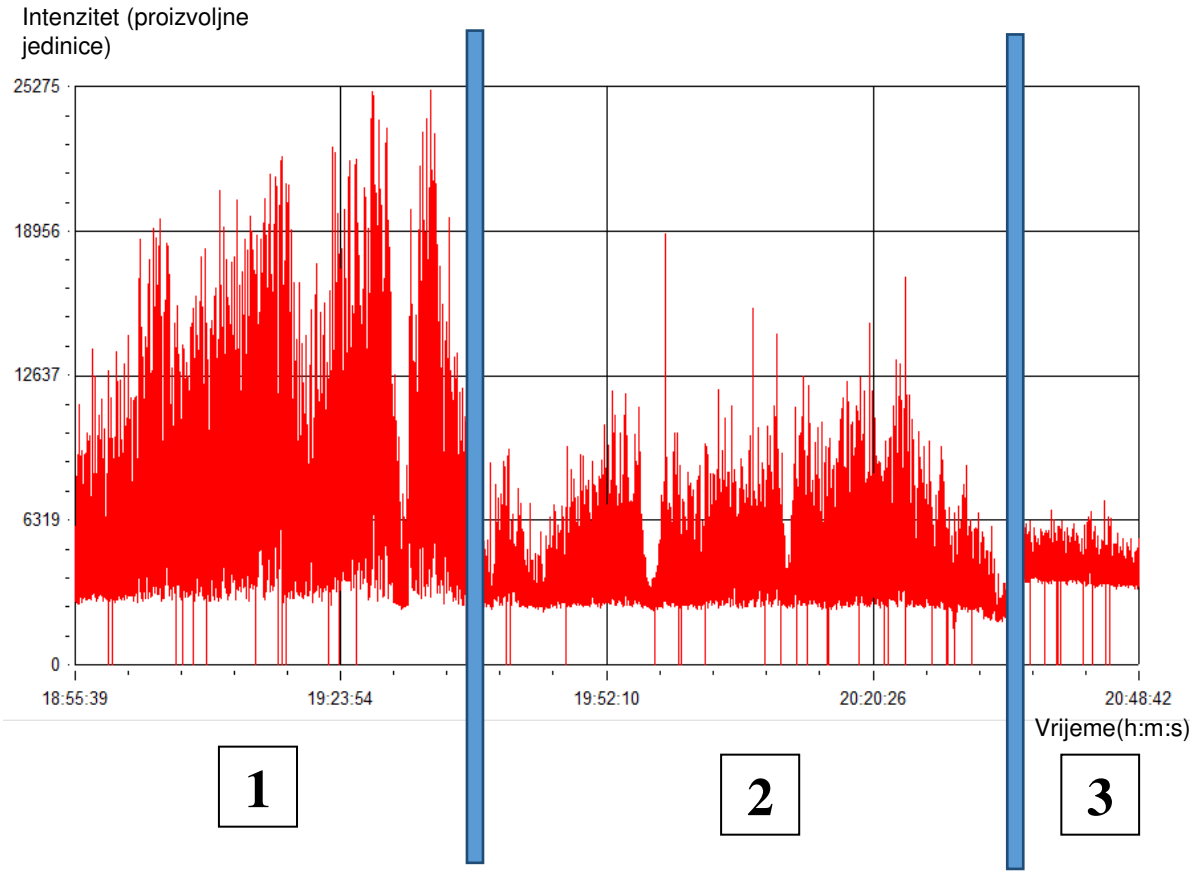
Slika 15. Sučelje programa Radio-SkyPipe za prikupljanje i obradu mjerenja. Program vrši konverziju analognog signala u digitalni.

4. Analiza rezultata i diskusija

4.1. Analiza tipova signala

Sva sljedeća mjerenja su snimljena istog dana (5.3.2014.) jer tog dana su se vidjela sva karakteristična obilježja radiovalnog zračenja Jupitera. Sljedeća slika pokazuje 2 sata snimanja radiovalnog zračenja Jupitera.

Slika 16. Snimanje radiovalnog zračenja Jupitera



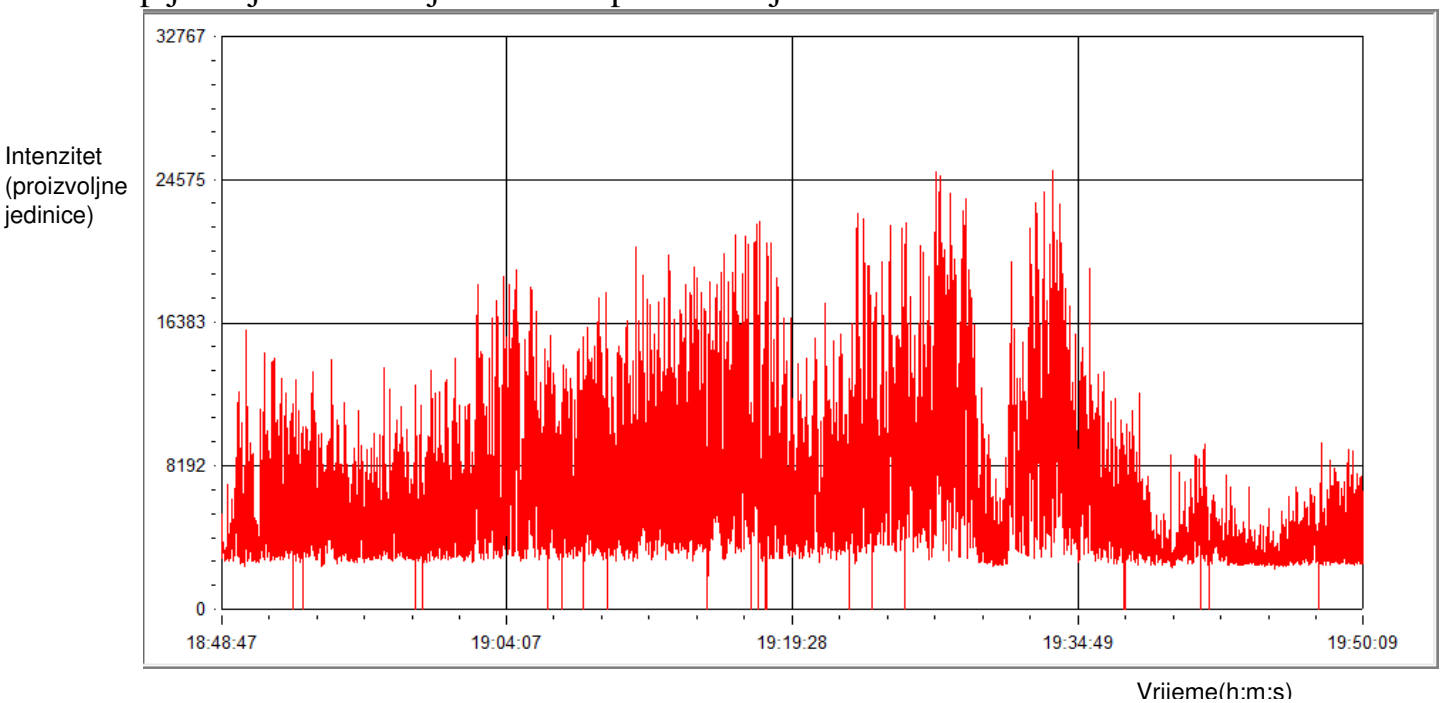
X os: lokalno vrijeme (sati:minute:sekunde) – srednjoevropsko vrijeme (CET)

Y os: intenzitet signala u proizvoljnim jedinicama

Program Radio-SkyPipe snima intenzitet signala u proizvoljnim, vlastitim jedinicama koje su bezdimenzionalne i predstavljaju relativni intenzitet. Intenzitet je potrebno kalibrirati u temperaturu koja odgovara intenzitetu ekvivalentnog zračenju crnog tijela na toj temperaturi, no nisam imao uređaj za kalibraciju koji može proizvesti intenzitet koji odgovara točno određenoj temperaturi. Iz tog razloga moja mjerenja nisu kalibrirana, no izmjereni relativni intenzitet je proporcionalan temperaturi.

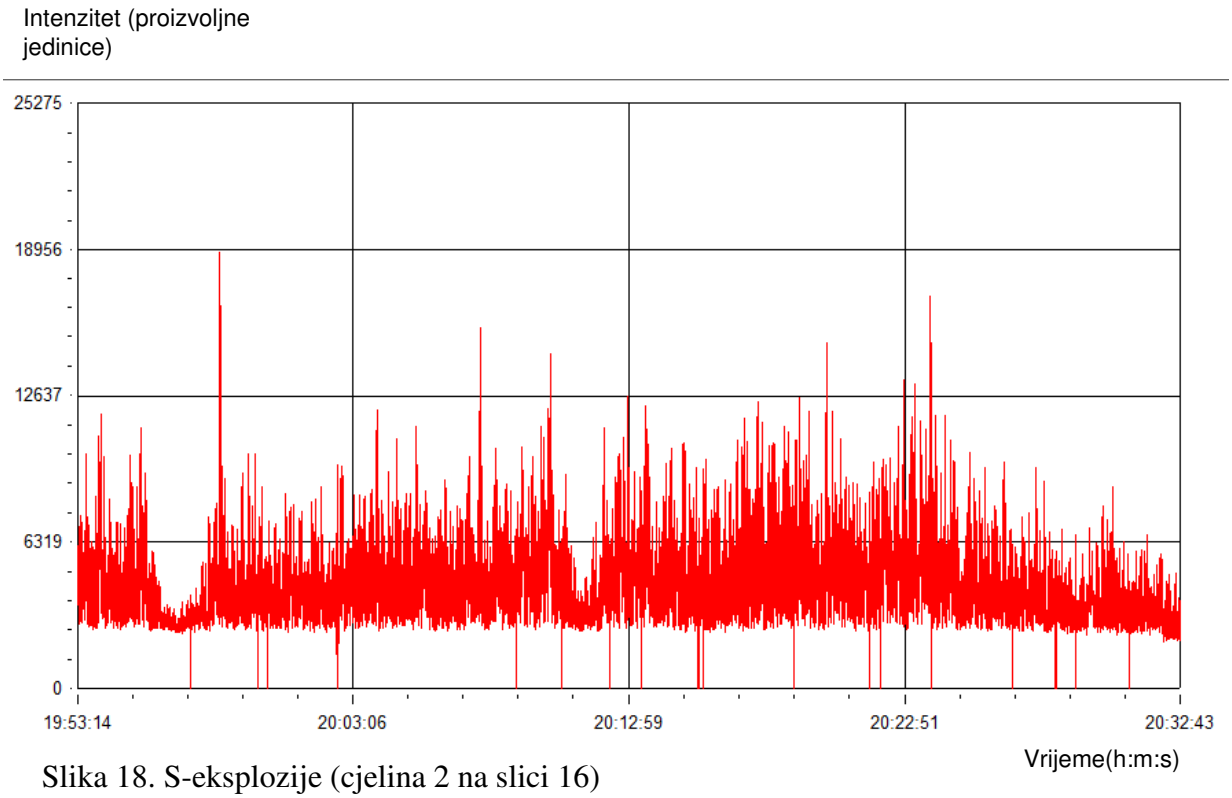
Na prvi pogled se mogu razlikovati više različitih područja.

Prva cjelina, područje 1 na slici 16, prikazuje veliko, konstantno zračenje. Gotovo sat vremena bjesnila je Jupiterova oluja u radiovalnom području. Upravo početak mjerenja odgovara oluji u kojoj dominiraju L(long) eksplozije-provale o kojoj je ranije bilo riječi, čiji se maksimalni intenziteti penju i do 25 000. Njezin zvuk je karakterističan: zvuči poput valova koji neprestano zapljuskuju obalu. Pojedinalne L-provale traju nekoliko sekundi.

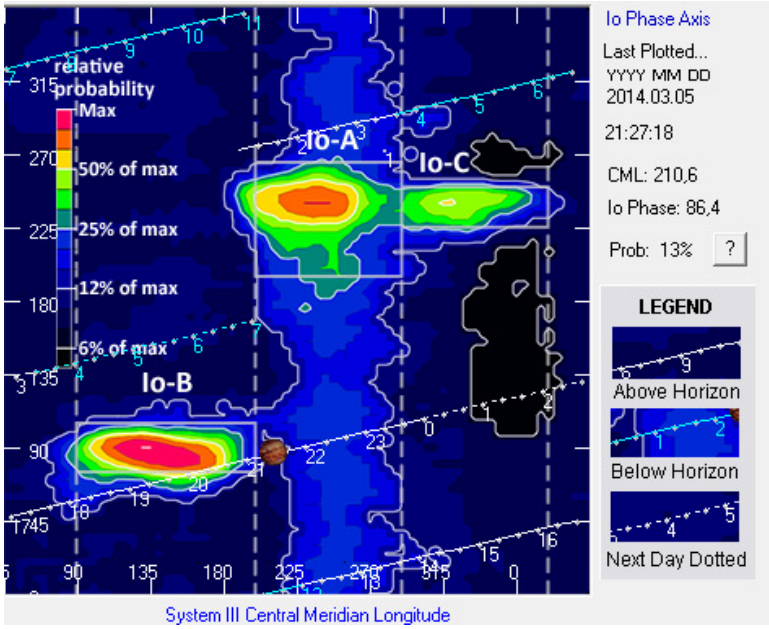


Slika 17. L-eksplozije (cjelina 1 na slici 16)

Druga cjelina (područje 2 na slici 16) koja se izdvaja je područje u kojem prevladavaju S-provale. To su snažne provale vrlo kratkog trajanja, kraće od sekundu, čija serija može dugo trajati Lako ih je za prepoznati jer zvuče poput pucketanja vatre. Maksimalni intenziteti S-eksplozije penju se do 19 000.



Slika 18. S-eksplozije (cjelina 2 na slici 16)



Slika 19. Program „Radio Jupiter“

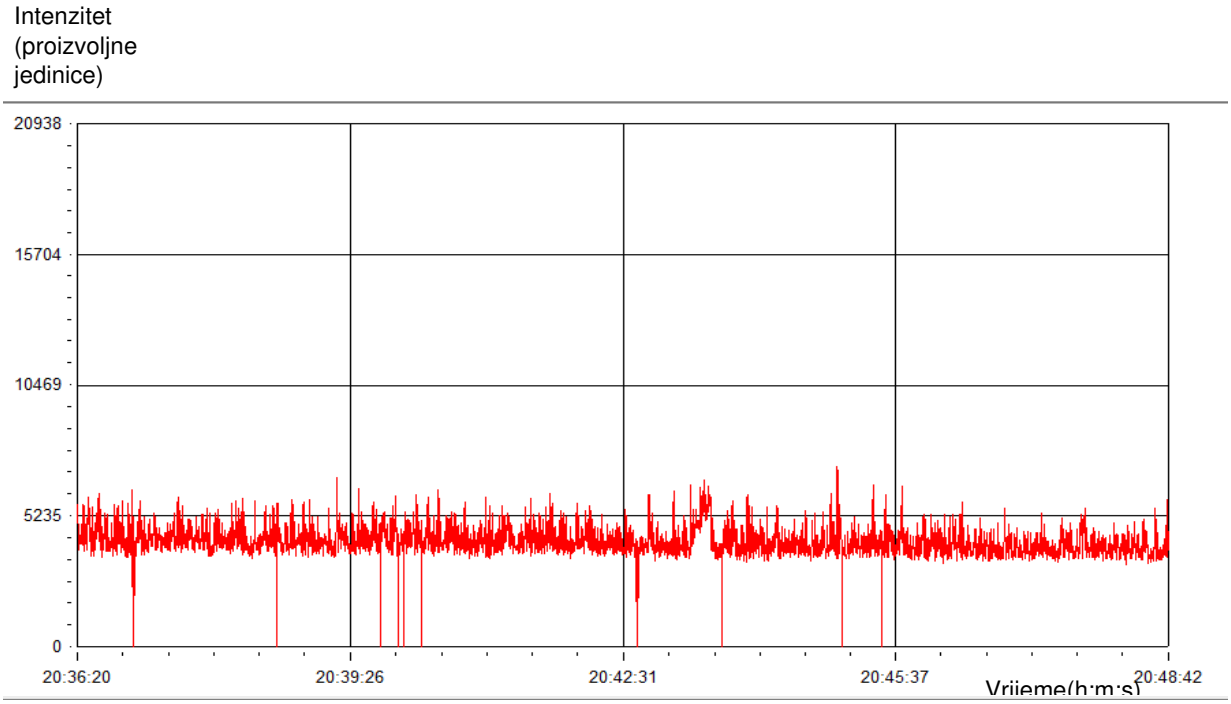
S-eksplozije dolaze u serijama. Kao što se vidi na slici njihov period je bio 10-15 minuta. Na slici se vide dvije serije.

Iz svega viđenog može se zaključiti da su unutar kratkog perioda bile prisutne obe vrste burstova(L i S eksplozije), što je moguće samo ako su Jupiter i Io u Io-b položaju. Program „Radio Jupiter“ to

potvrđuje (slika 19.) .

Malo je vjerovatno, ali je moguće da su neke velike vrijednosti na ovom grafu (Slika 18.) uzrokovane grmljavinama na našem planetu.

Posljednja cjelina (cjelina 3 na slici 16.) prikazuje galaktičko pozadinsko zračenje. Ono je najizraženije na frekvencijama od 18 do 22 MHz, pa stoga predstavlja najveći izvor šuma na nebu. Galaktičko zračenje može poslužiti kao kontrola da doista opažamo zračenje s Jupitera. Na grafu sa slike 16 lijepo se vidi razlika između prve dvije i treće cjeline. To je zato što sam pri kraju mjerenja (treća cjelina) usmjerio antenu u područje suprotno od Jupitera. Time sam dokazao da signal u prva dva područja nikako nije uzrokovan nekih zemaljskim ili drugim galaktičkim izvorima već isključivo Jupiterom. Čim sam maknuo antenino usmjerenje s Jupitera intenzitet signala je drastično opao - opaža se samo galaktičko pozadinsko zračenje.



Slika 20. Galaktičko pozadinsko zračenje (cjelina 3 na slici 16)

Io-B položaj - Io,s dužinom Zemlja - Jupiter zatvara kut od 75 do 105 stupnjeva, a B područje zračenja Jupitera je okrenuto prema Zemlji (Slika 4.).

4.2. Analiza L i S provala

Kako bi točno izmjerili radiovalni signal s Jupitera, potrebno je intenzitet opaženog signala korigirati za intenzitet galaktičkog pozadinskog zračenja i za ishodište intenziteta. Naime, na gornjim slikama je vidljivo da najniži intenziteti koji bi trebali biti jednaki nuli to nisu, već je ishodište pomaknuto na vrijednost intenziteta od oko 2700 (prva dva područja gdje se nalaze S i L provale) odnosno 3600 (pozadinsko galaktičko zračenje). Kako bi odredili točan intenzitet, potrebno je od srednjeg intenziteta u promatranom području oduzeti pomak ishodišta (2700 za prva dva područja, odnosno 3600 za pozadinsko zračenje) te intenzitet galaktičkog pozadinskog zračenja – šuma koje iznosi oko 720. Iznos pozadinskog galaktičkog zračenja se dobije tako da se od srednje

Tablica 1. Intenziteti zračenja za provale L i S tipa te pozadinski šum. Navedene su odgovarajuće srednje vrijednosti i najniža vrijednost intenziteta. Kako uređaj nije kalibriran, najniža vrijednost intenziteta je uzeta kao ishodište te su svi intenziteti korigirani za pozadinski šum i za pomak ishodišta kako bi se dobila 'razlika' – pravi intenzitet signala. Također su navedena vremena početka i kraja te duljina svake provale. L/S predstavlja procjenu omjera energija oslobođenih za vrijeme trajanja L i S tipa provala.

			L-burst	
			početak	18:50:00
POZADINSKI ŠUM			kraj	19:40:00
srednja vrijednost	4320		trajanje	0:50:00
najniža vrijednost	3600		srednja vrijednost	7630
razlika	**720**		najniža vrijednost	2700
			pozadinski šum	720
			razlika	4210
S-burst 1			**S-burst 2**	
početak	19:45:30		početak	19:56:50
kraj	19:56:50		kraj	20:11:20
trajanje	11:20		trajanje	14:30
srednja vrijednost	4300		srednja vrijednost	4586
najniža vrijednost	2700		najniža vrijednost	2700
pozadinski šum	720		pozadinski šum	720
razlika	880		razlika	1166
Vrsta provale	trajanje (min)	intenzitet	intenzitet*trajanje	L/S
S-burst 1	11,33	880	9970,4	21
S-burst 2	14,5	1166	16907	12
L-burst	50	4210	210500	

vrijednosti intenziteta (4320) u tom području oduzme intenzitet ishodišta (3600).

Pogledajmo prvi graf (slika 16). Možemo vidjeti da L-burst (oluja) je trajala 45-50 minuta i njezin maksimalni intenzitet je bio 25 000. Srednji intenzitet bi bio oko 7630, a srednji intenzitet korigiran za šum 4210. Serija S-burst(oluja) je trajala oko 10-15 minuta, a njezin maksimalni intenzitet 17 000.Srednji intenzitet je oko 6 000, a srednji intenzitet korigiran za šum oko 880 odnosno 1670. Na osnovi toga mogu zaključiti da L-burst traje barem 4 puta duže i da je barem 3 puta većeg intenziteta. Ako se pomnože vrijeme i intenzitet dobije se površina ispod grafa koja predstavlja energiju zračenja. Intenzitet dobiven iz napona signala U, odnosno ekvivalentna temperatura T zračenja bi trebala biti proporcionalna snazi P zračenja:

$$T \propto U; P \propto T \quad (2)$$

Kako je snaga zračenja jednaka oslobođenoj energiji E u vremenu t:

$$P = \frac{E}{t} \quad (3)$$

Vidimo da je energija jednaka umnošku snage i vremena:

$$E = Pt \quad (4)$$

Prema tome, energija zračenja treba biti proporcionalna opaženom intenzitetu i vremenu u kojem je provala trajala. Površina ispod grafa L-bursta je oko 12-20 puta veća od površine područja S-provala. Možemo zaključiti da je u vremenu intenzivnih L-provala oslobođeno oko 20 puta više energije nego za vrijeme S-provala (Tablica 1.).

4.3. Analiza snage pojedinih L i S burstova (provala)

Na kraju sam jos procijenio snagu pojedinih L i S burstova. Uzeo sam jedan segment mjerenja u kojem prevladavaju S-burstovi, te pobrojao koliko ih ima u 10 sekundi (ima ih oko 20-ak). Zatim sam izmjerio srednju i najnižu vrijednost intenziteta i oduzeo šum, te dobio intenzitet u tom području. Intenzitet se zatim podijeli s brojem S-burstova kako bi se dobio intenzitet jednog bursta. To je napravljeno za 4 područja, pa uzeta srednja vrijednost (iznosi oko 44).

Tablica 2. Vrijeme početka i kraja, duljina trajanja i intenziteti zračenja provala L i S tipa. Navedene su odgovarajuće srednje vrijednosti i najniža vrijednost intenziteta. Svi intenziteti korigirani su za pozadinski šum i za pomak ishodišta kako bi se dobila 'razlika' – pravi intenzitet signala. Također su navedena vremena početka i kraja te duljina svake provale. Kako provale S tipa kratko traju, u određenom vremenskom intervalu izbrojan je navedeni broj S-burstova iz kojeg je dobiven srednji intenzitet pojedinačnog S-bursta. Iz više mjerenja srednjih intenziteta provala u različitim vremenskim intervalima dobivena je srednja vrijednost. L-burst/S-burst predstavlja omjer intenziteta pojedinačnoe provale L i S tipa. L/S predstavlja procjenu omjera energija oslobođenih za vrijeme trajanja L i S tipa provala

S-burstovi				
početak	20:04:18	20:06:11	20:06:30	20:10:16
kraj	20:04:28	20:06:21	20:06:40	20:10:26
broj S-burstova	22	23	24	18
srednja vrijednost	4853	4457	4410	4400
najniža vrijednost	2886	2910	2810	2845
pozadinski šum	720	720	720	720
razlika	1247	827	880	835
intenzitet S-bursta	56,7	36,0	36,7	46,4
srednja vrijednost		43,9		
L-burstovi				
početak	19:12:48	19:31:18	19:27:04	19:26:17
kraj	19:12:51	19:31:26	19:27:09	19:26:20
trajanje	3	8	5	3
srednja vrijednost	12160	10994	13480	13510
najniža vrijednost	3740	4555	4290	4545
pozadinski šum	720	720	720	720
razlika	7700	5719	8470	8245
srednja vrijednost		7533,5		
L-burst/S-burst		172		

Slično sam napravio za pojedine L-burstove. U području u kojem dominiraju L-burstovi pronašao sam 4 tipična L-bursta koji traju nekoliko sekundi, izmjerio srednju i najnižu vrijednost intenziteta, oduzeo šum te dobio intenzitet pojedinog L-bursta. Četiri intenziteta L-burstova su zatim usrednjeni i dobiven je srednji intenzitet L-bursta koji iznosi oko 7500.

Ako se usporedi intenzitet S-bursta (oko 44) i L-bursta (oko 7500) može se zaključiti da je snaga pojedinog L-bursta barem oko 200 puta veća od snage pojedinog S-bursta (Tablica 2.).

5. Zaključak

Konstruirao sam složeni prijemnik radio teleskopa koji filtrira nepotrebne šumove, pojačava signal, podešava frekvenciju i digitalizira signal kako bi se opažati i bilježiti pomoću računala. Prijemnik i njegovi filtri su podešeni tako da radi na frekvenciji od 20.1 MHz ± 0.1 MHz. Upravo taj uski pojas frekvencije od 0.2 MHz omogućuje točno podešavanje frekvencije. Prijemnik sadrži preko 100 elektroničkih komponenti. Na izlazu prijemnika signal se prvo pretvara u audio signal te zatim pomoću programa Radio-SkyPipe snima putem zvučne kartice.

Konstruirao sam antenu (10m x 7m x 3m) koja prima energiju iz radio valova i prenosi je do prijemnika, a služi za pretvorbu elektromagnetskog zračenja u mjerljivi električni napon. Tip antene je dvojni dipol koji je karakterističan za ovu vrstu istraživanja. Sastoji se od koaksijalnih kabela,bakrene žice, kombinatora signala i pvc šipki.

Opažao sam promjene u magnetosferi Jupitera u radiovalnom području elektromagnetskog spektra. Promatrao sam odnos Jupitera, njegovog satelita Ia i drugih čimbenika koji utječu na Jupiterovu magnetosferu. Interakcijom torusa, IFT-a (Io flux tube) i Jupiterovog magnetskog polja nastaje radiovalno zračenje koje se može promatrati s površine Zemlje.

Uočio sam dvije različite vrste provala zračenja – L i S tip zračenja, koja puno govore o zbivanjima u magnetosferi Jupitera. Zaključio sam u kojem su položaju bili Jupiter i Io na dan 5. 3. 2014. u vrijeme opažanja. Također sam pokazao da se L i S provale zračenja bitno razlikuju u snazi i trajanju. Provale L - tipa puno duže traju od provala S – tipa. Pojedinačne provale zračenja L - tipa imaju oko 200 puta veću snagu od provala S – tipa, te sam procijenio da se u opaženom periodu (oko 1 sat) za vrijeme L – provala oslobodilo oko 20 puta više energije nego za vrijeme S – provala.

Uočio sam galaktičko pozadinsko zračenje koje mi je predstavljalo velik problem pri mjerenjima i obradi podataka jer su izvor konstantnog šuma. Posebno je zanimljivo to što mi je galaktičko pozadinsko zračenje pomoglo u tome što sam bio siguran da promatram Jupiter, a ne neki zemaljski šum. Nakon što sam neko vrijeme promatrao Jupiter, usmjerio sam antenu prema suprotnom

dijelu neba. Tada sam samo opažao konstantan šum – galaktičko pozadinsko zračenje. Time sam dokazao da sam do tada opažao Jupiter, a ne nešto drugo.

6. Životopis i zahvala

Moje ime je Fran Ivan Vrban i rođen sam u Rijeci 19.2.1996.Pohađao sam Osnovnu školu „Vladimir Gortan“. S ekipom iz osnovne škole sam postigao odličan rezultat na državnom natjecanju ekološkog kviza „Lijepa naša“. Pohađam Prvu hrvatsku sušačku gimnaziju.Astronomija me oduvijek zanimala; još od malih nogu posjedujem teleskop. Ljubav za astronomijom se ponovno pobudila kada sam ovo ljeto proveo 10 dana u Višnjanu na VSA (Višnjan School of Astronomy). Ovo mi je prvi put da sudjelujem na natjecanju iz astronomije. Želja mi je da upišem znanstvenu fiziku na Sveučilištu u Rijeci. Ovo ljeto ću provesti 3 tjedna u Austriji ,gdje ću biti član IAYC -a (lnternation Astronomical Youth Camp). Ove godine prvi put sam odlučio ići na natjecanje iz astronomije gdje sam postigao odličan uspjeh – 2. mjesto u državi. Zbog uspjeha na državnom natjecanju izabran sam da sudjelujem na kvalifikacijama za Olimpijadu iz astronomije i astrofizike koja se ove godine održava u Rumunjskoj.

Zahvaljujem se mojoj obitelji,prijateljima i posebice mentoru Tomislavu Jurkiću na pomoći.

7. Literatura

1. Freedman, Roger A., Kaufmann, William J. (2003) Universe, New York: W.H.Freeman & Co Ltd
2. www.radiojove.gsfc.nasa.gov
3. Vujnović, Vladis (2005) Astronomija 1, Zagreb: Školska knjiga
4. Vujnović, Vladis (2010) Astronomija 2, Zagreb: Školska knjiga