



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
TalTech Tartu kolledž

## **SIDE PRAKTIKUMI LOOMINE – ERINEVATE ANTENNIDEGA TUTVUMINE**

### **THE CREATION OF A WIRELESS COMMUNICATION LABORATORY WORK – DIFFERENT TYPES OF ANTENNAS**

RAKENDUSKÕRGHARIDUSÕPPE LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Mihkel- Karl Pindma

Üliõpilaskood :166198EDTR

Juhendaja: Sven Oras, vanemlektor

(Tiitellehe pöördel)

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“31” mai 2021.

Autor: Mihkel-Karl Pindma

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” ..... 201.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....” .....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Mihkel – Karl Pindma (*autori nimi*) (sünnikuupäev: 3.10.1997 )

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

SIDE PRAKTIKUMI LOOMINE – ERINEVATE ANTENNIDEGA TUTVUMINE,

*(lõputöö pealkiri)*

mille juhendaja on Sven oras,

*(juhendaja nimi)*

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

<sup>1</sup>*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

\_\_\_\_\_ (*allkiri*)

31.05.21 (*kuupäev*)

## TalTech Instituudi nimetus

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Mihkel- Karl Pindma, 166198EDTR (nimi, üliõpilaskood)

Õppekava, peeriala: EDTR17/17 – Telemaatika ja arukad süsteemid, Küberfüüsikalised süsteemid (kood ja nimetus)

Juhendaja(d): vanemlektor, Sven Oras, 620 4807 (amet, nimi, telefon)

### Lõputöö teema:

Side praktikumi loomine – erinevate antennidega tutvumine

The creation of a wireless communication laboratory work – different types of antennas

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Luua side aines praktikumjuhend
2. Viia läbi praktikum ja pärast seda tagasiside küsitlus
3. Saadud vastuste põhjal analüüsida loodud praktikumijuhendit

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Koostada praktikumi juhend	1.11.20
2.	Viia läbi praktikum ja anda tagasisidet	26.11.20
3.	Teha järeldusi ja analüüsida vastuseid	1.3.21

**Töö keel:** eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "31" mai 2021a

**Üliõpilane:** Mihkel-Karl Pindma ..... ".....".....201....a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Sven Oras ..... ".....".....201....a  
/allkiri/

**Programmijuht:** Helle Hallik ..... ".....".....201....a  
/allkiri/

*Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel*

# SISUKORD

TalTech Instituudi nimetus .....	4
SISSEJUHATUS .....	6
1 Raadioside ajalugu .....	7
2 ANTENNIDE TÖÖPÕHIMÕTE .....	9
2.1 Antennide parameetrid .....	9
2.1.1 Suunategur (ingl. k. <i>directivity</i> ) .....	9
2.1.2 Võimendus (ingl. k. <i>gain</i> ) .....	10
2.1.3 Ribalaius (ingl. k. <i>bandwidth</i> ) .....	11
3 Sidepraktikumis kasutatud tehnika.....	12
3.1 Antennid.....	12
3.2 Adapterid.....	13
3.3 Signaalianalüsaator.....	13
4 Praktiline osa .....	15
4.1 Praktikumi ülesehitus .....	15
4.2 Praktikumi juhendis olevad tööülesanded.....	15
4.3 Praktikumi tulemused.....	17
4.3.1 Tudengitel praktikumi käigus enim ilmnenuv vead.....	18
5 Tagasisideküsitluse küsimused .....	19
6 Tagasiside tulemused .....	21
6.1 Tagasiside tulemuste järelendus .....	26
6.1.1 Ettepanekud praktikumi arendamiseks.....	26
KOKKUVÕTE .....	27
Summary .....	28
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	29
LISAD .....	31

## SISSEJUHATUS

Õppeainetes olevad praktikumid aitavad tudengitel õpitud teadmisi ning praktika käigus omandatud teadmisi paremini kinnistada. Käesoleva töö eesmärgiks oli koostada ja läbi viia praktikum side aines küberfüüsikaliste süsteemide eriala tudengitele. Praktikast osavõtjad said töötada nende jaoks uue seadme, signaalanalüsaatoriga, ja teha sellega katseid. Tudengid said uurida ja võrrelda erinevaid antenne ja nende töövõimekust.

Pärast praktikumi edukat sooritamist pidid tudengid täitma tagasiside. Tagasiside oli koostatud töö autori poolt Google Forms keskkonnas, mis aitas tulemusi analüüsida ning nendest teha järeldusi.

Käesoleva töö autori (edaspidi tekstis autor) huvi traadita side vastu algas pärast läbitud praktika sooritamist. Praktikumi juhendi koostamine ja praktilise osa läbi viimine andis võimaluse autoril tutvuda lähemalt signaalanalüsaatoriga ja antenne mõjutavate parameetritega. Lisaks sai autor praktikumi läbi viimise kogemust ja koostada tudengitele enda äranägemise järgi tööülesandeid.

Töö on jaotatud kaheks suuremaks osaks. Esimeses osas kirjeldab autor lühidalt raadioside ajalugu kuni 21. sajandini. Lisaks toob autor välja antennide tööpõhimõtted ja neid iseloomustavad parameetrid. Kuna praktikumis sai kasutatud erinevat raadioside tehnikat, annab autor neist lühida ülevaate.

Teises osas kirjeldab autor töö praktilist osa. Autor kirjutab lähemalt sidepraktikumi ülesehitusest ning selle juhendis olevatest küsimustest. Lisaks on teises osas välja toodud tudengite poolt ära täidetud tagasiside küsimuste tulemused ja nendest tulenev järeldus.

# 1 Raadioside ajalugu

Praktikumis kasutatud seaded ja antennid põhinevad raadiosidel. Selleks, et mõista, kuidas raadioside on arenenud, kirjutab autor järgnevates lõikudes suurtematest raadioside tehnoloogia saavutustest kuni 21. sajandi alguseni. Tänu millele saame tänapäeval kasutada juhtmevabasid lahendusi, mis aitavad seadmeid omavahel ühendada.

Raadioside ajaloo alguseks võib lugeda aastat 1864, kus James Clerk Maxwell tõestas elektromagnetlainete olemasolu. Ta suutis ära selgitada magnet- ja elektriväljade teket ning kuidas nad üksteist mõjutavad, kasutades selleks võrrandeid, mida tänapäeval tuntakse kui Maxwelli võrrandeid. Lisaks suutis ta oma kalkulatsioonidega määrata lainete levimiskiiruse, valguse absoluutkiiruse, mis pidas paika ka hiljem modernsemate lahendustega kontrollides (Domb, 2021). Pea 30 aastat hiljem tõestas Heinrich Rudolf Hertz Maxwelli teooriat. Ta tekitas laboris elektromagnetlaineid ning näitas, kuidas need sarnanevad soojus- ja valguslainetele. Sealt jõudis ta veel järeldusele, et soojus- ja valguslained on elektromagnetilised kiirgused (Gregersen, 2021).

Aastal 1897 õnnestus Guglielmo Marconil, keda loetakse raadio leiutajaks, saata morse kood kuni 6 kilomeetri kaugusele. Tema eesmärgiks oli leiutada kaugmaa traadita telekommunikatsioonisüsteem, mis oli juba 50 aastat olnud paljudel ideefaasis, kuid kellelgi polnud midagi edukalt välja tulnud. Pärast edukat signaali saatmist mitme kilomeetri kaugusele, otsustas Marconi saata signaali üle Atlandi ookeani, mis tal ka õnnestus aastal 1901 (Goodden, 2012). See pani aluse Marconi poolt loodud esimesele traadita kaubanduslikule telegraafteenusele üle Atlandi ookeani aastal 1907 (Falciassecca & Valotti, 2009).

Kiirelt hakkas arenema raadioside pärast Esimest maailmasõda. 1920ndate lõpus hakkas tegutsema esimene kommertsraadio, KDKA, Pittsburghis. Järgnevatel aastatel hakkasid plajud ettevõtted endale raadiolubasid taotlema ja seadmeid hankima (Severin, 2009). Sellele järgnes aastal 1930 televisioon, kus BBC hakkas edastama pilti sünkroniseeritud heliga. Kahjuks pärast üheksat aastat pidi BBC oma teenuse lõpetama Teisest maailmasõjast ajendatud riigi julgeoleku kaalutluste tõttu (Currie, 2004).

Suurt osa raadioside arengus mängis Ameerika ettevõtte AT&T. Esmakordselt pakkusid nad teenuseid Põhja- Ameerika ja Euroopa vahel aastal 1927, võimaldades kahepoolset vestlust New Yorki ja Londoni vahel. Esmane üle Atlandi ookeaniline häälülekanne suudeti nende poolt teostada juba 1915 ning esmane kahepoolne vestlus merel viibiva

laevaga 1916, kuid Esimene maailmasõda ja sellest tulenenud piirangud katkestasid järgnevad katsetused. Üheks suuremaks saavutuseks AT&T poolt oli aastal 1935, millal toimus esimene üle maailmne telefonikõne. Ettevõtte president Walter S. Gifford ja asepresident T. Miller, olles samas hoones aga erinevates ruumides, võtsid üksteisega ühendust telefoni teel, mille side levis üle kogu gloobuse (Deffree, 2020). Selle tegi just eriliseks see, et see oli esimene kõne maailmas, mis tegi gloobuse tiiru peale, kasutades selleks nii raadio kui ka traatside (Bell Telephone System, 1952).

Sarnaselt Esimesele maailmasõjale, tehnika ja traadita side arenes ka Teise maailmasõja ajal kiiresti. Tähtsaks muutus õhuruumide kontrollimine ning seetõttu hakati prioritseerima lennukite navigeerimist. Raadionavigatsioon muutus üheks olulisemaks tehnoloogiaks. Kasutusele võeti kristall ostsilaatorid, mis aitasid määratleda täpsemini õhus lendavate lennukite positsiooni. Maailmasõja ajaks kattis maakera juba raadiosidemastide võrgustik. Ostsilaatori kasutusele võtt võimaldas vähem kogunud navigaatoritel võrreldes professionaalidega saavutada sama tulemus lennuliikluse juhtimisel. (*"Flying the beam": Time and navigation*)

20. sajandi lõpus hakkasid Ameerika Ühendriigid üle minema analoogsignaalt digitaalsele. Seda võimaldas uue kiibi RF CMOS (raadiosageduse piirkonnas töötav metall-oksiid-pooljuht) kasutuselevõtt. Asad Ali Abidi, kiibi väljatöötaja, arendas raadiosignaali vastuvõtja, millel olid nii analoog- kui ka digitaalvooluringi elemendid. See võimaldas töödelda digitaalselt signaali traadita sides. Sarnast lahendust kasutavad tänapäeval enamus traadita sideseadmed, nagu näiteks mobiiltelefonid, traadita internet (Wi-Fi) ja Bluetooth. (O'Neill, 2008)



## 2 ANTENNIDE TÖÖPÕHIMÕTE

Järjest rohkem võetakse kasutusele erinevaid juhtmevabasid seadmeid, mis omakorda suurendab elektromagneetilist kiirgust meie ümber. Selleks, et need seadmed töötaksid on tarvis signaali vastuvõtjaid (ingl. k. *receiver*) ja saatjaid (ingl. k. *transmitter*) ehk antenne. Antenne on olemas mitut tüüpi. Igal tüübil on olemas omad tugevad ja nõrgad küljed vastavalt ettenähtud eesmärgile. Töö autor toob välja need, mida kasutati töös sidepraktikumis.

Selleks, et saata juhtmevabalt läbi antenni vajalikku informatsiooni või andmeid, muundatakse informatsiooni sisaldavad bitid (ingl. k. *bit*) pingeks. See pinge põhjustab antennis elektronide liikumise, mis omakorda tekitab valguskiirusel levivaid elektromagnetilisi laineid, mis kannavad signaali üle vastuvõtvasse antenni. Vastuvõtja „püüab kinni“ saadetud lained ja kodeerib bittid ümber algseks informatsiooniks. Vajadusel võimendatakse saadetavat signaali, et see leviks üle vajatud distantssi. (Woodford, 2020)

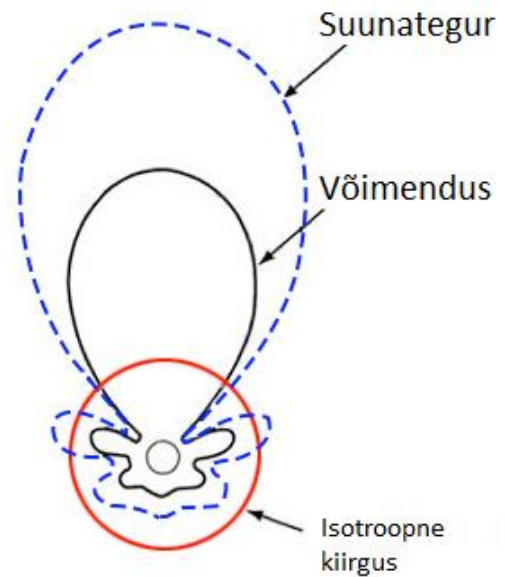
### 2.1 Antennide parameetrid

Kahjuks ei sobi üks antenn igaks otstarbeks. Seetõttu tuleks lähtuda antenni parameetritest ning soovitava tulemuse saamisest. Igal antennil on olemas teda iseloomustavad parameetrid: kasutegur, suunategur, võimendus, efektiivne pindala, suunadiagramm, sisendtakistus, ribalaius, kiire efektiivsus ja polarisatsioon. Eelnimetatud parameetritest tähtsamateks loetakse suunategurit, võimendust ja ribalaiust. (Woodford, 2020)

#### 2.1.1 Suunategur (ingl. k. *directivity*)

Antenni suunategur on lainete konseptsiooni tihedus mingisuguses suunas. Mida suurem on suunategur, seda fookuseeritum või suurem antenni kiirgus selles suunas on. Suunategur on üheks teguriks antenni võimsuse leidmiseks ning selle mõõtühik on detsibell. (*Everything RF*, 2018)

Joonisel 1 punasega märgitud isotroopse kiirguse korral kiiratakse võrdne kiirgushulk igasse suunda, ehk selle võimendus on 1. Detsibellides loetakse seda 0db, sest kiirgusekadu teistesse suundadesse on olematud. Praktikas on selline kiirgus pea võimatu, kuna igal antennil on olemas mingisugune suunategur, mis seda mõjutab (*Antenna Theory - Isotropic Radiation, 2020*). Joonisel 1 on kujutatud suunateguri toimet antenni võimendusele, muutes seda antud suunas tugevamaks.



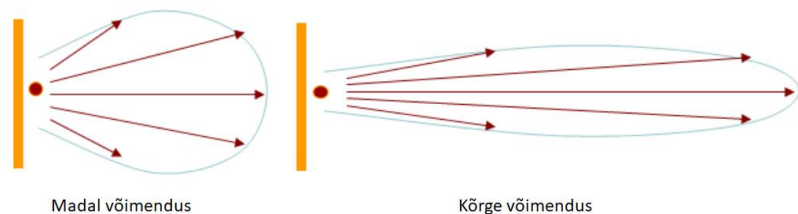
Joonis 1- Suunateguri mõju antenni kiirgusele (Everything RF, 2018)

Tugev suunategur ei ole alati hea. Enamasti kasutatakse tugevat suunategurit paiksetel süsteemidel, näiteks satelliit televisioonil, kus antenni asukoht ei muutu ning antenni leviala ulatub kaugemale. Mobiilsetel seadmetel nagu nutitelefonidel, on tarvis võrdset levivust igasse suunda, mistõttu kasutatakse sealsetes antennides väikest kui just mitte olematud suunategurit. (*Everything RF, 2018*)

### 2.1.2 Võimendus (ingl. k. *gain*)

Antenni võimendus määrab signaali saatmis- ja vastuvõtmistugevuse. Seda mõõdetakse suurusega detsibelli isotroopse kiirguse kohta ning selle mõõtühikuks on dBi. Võimendus on antenni puhul üks tähtsamaid parameetrid, sest see tagab vajatud kauguse ja admevahetusvõimekuse. Võimendus on antenni suunateguri ja kasuteguri korrutis, millega on võimalik välja arvutada tahetud antenni G ja seeläbi valida sobiv antenn. Mida suurem on võimendus, seda kaugemale levib signaal üle pikema distantisi. (Telewave, Inc, 2018)

Joonisel 2 on näha, kuidas antennist saadetud lained erinevad üksteisest distantisi poolest. Parem pool on antenni võimsus tunduvalt suurem kui vasakul, levides kaugemale, kuid olles sellevõrra kitsam.



Joonis 2- Madala ja kõrge võimendusega antenni levivuse erinevus (*Antenna Gain 2020*)

### **2.1.3 Ribalaius (ingl. k. *bandwidth*)**

Antenni ribalaius näitab sagedusspektril antenni saatmis- ja vastuvõtmisvahemikku. Parima tulemuse saamiseks tuleb tagada samaväärne impedants nii antennil kui selle toitel, et vältida osa energiast muundumast soojuseks. Vahelduvavoolu korral sõltub impedants sagedusest, mille tõttu on antenni takistus piiratud (Lienau, 2019). Sellepärast valitakse vajaminev antenn enamasti ribalaiuse järgi. Suuremal osal antennitüüpidel on ribalaius kitsas, mis-tõttu ei saa neid kasutada lairibaühendusteks (ingl. k. *wideband operations*) (Bevelacqua, 2009).

### 3 Sidepraktikumis kasutatud tehnika

Vastavalt otstarbele on ka olemas erinevaid antennitüüpe. Antennitüüpe on võimalik liigitada mitut moodi, üheks neist on sarnaste tööpõhimõtete järgi. Tööpõhimõtte järgi liigitatakse antennid järgnevalt: traatantenn (ingl. k. *wire antennas*), logoperioodiline antenn (ingl. k. *log periodic antennas*), mikroriba antenn (ingl. k. *microstrip antennas*), helkur antenn (ingl. k. *reflector antennas*), läätsantenn (ingl. k. *lens antennas*), massiiv antenn (ingl. k. *array antennas*).

Kuna antennitüüpe on mitmeid, annab töö autor ülevaate antennidest, mida kasutati sidepraktikumis. Lisaks antennidele, kasutati praktikumis signaalialüsaatorit ning vajaminevaid adapereid. Selles peatükis tutvustab autor lähemalt praktikumis kasutatud tehnikat.

#### 3.1 Antennid

Praktikumis oli kasutusel kolm antenni: tundmatu antenn, mis oli ruuterile mõeldud, teleskoopantenn ning mobiilse andmeside antenn. Praktikumi juhendi arusaadavuse lihtsustamiseks oli juhendis viidatud neile nende värvi järgi, vt joonist 3.



Must antenn (joonisel 3 esimene antenn vasakult) oli tundmatu ruuteri dipool ringsuunaline (ingl. k. *omnidirectional*) antenn, mis kuulub traatantennide

Joonis 3 - Praktikumis kasutatud antennid. Vasakult – Ruuteriantenn (must), teleskoopantenn (hall), 4G antenn (valge)

kategooriasse. Praktikumis kasutatud signaalialüsaatoriga sai mõõdetud antenni töötavaks sagedusvahemikeks 800MHz ja 900MHz. Dipoolantenn on kahest harust koosnev antenn, kus harude kogupikkus on võrdeline pool püütavast laine pikkusest. Kuna praktikumi käigus tuli üles leida raadiojaam, ei pruukinud see õnnestuda ruuteri antenniga, sest antenn oli mõõtmetelt liiga lühike ja lained raadiosagedusel liiga pikad. Antenn on ringsuunaline ehk iga suunas väljuvad lained on võrdse võimsusega.

Hall antenn (joonisel 3 teine antenn vasakult) oli tundmatu teleskoop monopool antenn. Sarnaselt mustale antennile, kuulub ka see traatantennide hulka ning on isotroopne. Kuid erinevalt dipool antennist, on monopool antennis ainult üks haru pollaine tekitamiseks. Antenni töötavaks sagedusvahemikeks sai mõõdetud 100MHz, 790MHz ja

950MHz. Praktikumis ülesannete lahendamiseks sobis kirjeldatud antenn kõige paremini, sest töötamise sagedusvahemik jäi signaalialalüsaatori mõõtmisvahemikku.

Valge antenn (joonisel 3 kõige parempoolsem) oli mobiilandmeside antenn (TRANS-DATA LTE KYZ 7.5/8/10 A741031). Tegemist oli logoperioodilise antenniga, mille tõttu töötab see antenn laiema sagedusribal, sest iga element antennis on seadistatud vastu võtma erinevat sagedust. Antenn on direktsionaalne, ehk selle optimaalse võimenduse saavutamiseks, tuleb antenn õigesti suunata. See töötab sagedusvahemikes 698-800 MHz, 800-960 MHz, 1700-2700 MHz. Kuna antenn on mõeldud töötama välitingimustes, kattis seda valge ilmkindel plastik.

### 3.2 Adapterid

Antennide ja signaalialalüsaatori omavaheliseks ühendamiseks olid praktikumis kasutusel vastavad adapterid. Praktikumikomplektis olid N-tüüpi isaselt isasele kaabliühendusadapterid, RP-SMA adapterid ja erineva variatsiooniga SMA adapterid. RP-SMA adapteritel on



Joonis 4 – Praktikumis kasutatud adapterid

vastupidine polaarsus (ingl. k. *reverse polarity*) klemmi suhtes, mis tähendab, et kui tavalisel SMA adapteril on pin isase pool, siis RP-tüüpi juhtudel on pin emasel poolel. SMA adapteril on viiekümneomine impedants ning enamasti leiavad need kasutust traadita side süsteemides.

### 3.3 Signaalialalüsaator

Signaalialalüsaator on seade, mis võimaldab vaadelda signaali intensiivsuse sõltuvust sagedusest. Selle seadme üheks peamiseks eesmärgiks on mõõta selle töötamisvahemikus erinevate signaalide tugevust ja saada informatsiooni muude spektraalkomponentide kohta, nagu harmoonilisus ja ribalaius. Sisendsignaalid on põhiliselt elektrilised, kuid vajalike anduritega on see võimeline mõõtma veel mitmeid teisi laineid, nagu näiteks valguslaineid ning akustilisi rõhu laineid. Signaalialalüsaatori tööpõhimõte sarnaneb ostsilloskoobile, kuid erinevalt analüsaatorile, mõõdab ostsilloskoop signaali aja mitte sageduse suhtes.

Töö autori poolt läbi viidud sidepraktikumis kasutati signaalialüsaatorit RIGOL DSA 815. Selle seadme sagedusvahemik on 9KHz – 1.5GHz. Seetõttu sobib see hästi raadiolainete analüüsimiseks, mis jäävad vahemikku 80 – 110MHz. Kasutusel olnud mudel võimaldab eristada üksteisest vähemalt 10Hz võrra erinevaid signaale ning selle faasimüra (ingl. k. *phase noise*) on -80dBc/Hz, mis näitab signaali ja analüsaatori signaali suhet. Analüsaatori keskmine müratase (ingl. k. *displayed average noise level, DANL*) on -155dBm/Hz. (Rigol, 10.04.2021)



Joonis 5 – Sidepraktikumis kasutatud signaalialüsaator RIGOL DSA 815

Joonisel 6 on näha, kuidas näeb välja signaal signaalialüsaatori RIGOL DSA815 paneelil (joonise x-teljel on sagedus ning y-teljel on amplituud). Seadme mõõdetud signaal on selgesti eristatav seda ümbritsevast mürast. Lisaks, vajadusel saab lasta seadmel märgistada mõõdetavas vahemikus võimsaim signaal. Joonisel 6 on selleks signaalitipus olev märgistus number 1.



Joonis 6 – Signaalialüsaatori paneelil olev signaal

## 4 Praktiline osa

Töö autor viis läbi sidepraktikumi. Praktikumi eesmärgiks oli tutvustada teise kursuse tudengitele signaalialüsaatorit ning viia läbi katsed erinevate antennidega. Praktikumi läbimiseks oli autor valmistanud praktikumi juhendi ja selle lõppu küsimused, millele tuli õigesti vastata. Pärast praktikumi sooritamist ja aruande täitmist tuli täita tudengitel tagasiside, mille alusel sai antud praktikumi analüüsida. Sidepraktikumi juhend on toodud lisas nr 1.

### 4.1 Praktikumi ülesehitus

Praktikum sai tudengitel teostatud side aine raames. Sellest ainest omistatud teoreetiline baas oli piisav, et mõista, mis tegurid võivad signaalialüsaatorit või antennide tööd mõjutada. Sidepraktikumi üheks olulisemaks eesmärgiks oli tudengitel signaalialüsaatoriga tutvumine, sest enamuse jaoks oli töötamine seesuguse seadmega esmakordne ning see võimaldas neil sellega õppekeskkonnas tutvuda.

Praktikumi kestvus oli tund kuni poolteist tundi. Tudengid moodustasid kaheliikmelised rühmad, kus nad seadistasid signaalialüsaatorit ja viisid läbi katseid. Sobiva praktikumi aja said nad endale määrata Taltech'i Moodle keskkonnas. Rühma peale pidid nad esitama ühe aruande, kus nad vastasid praktikumijuhendi lõpus olevatele küsimustele. See hoidis ära mitme identse töö laekumise, kuna rühmasiseselt saadi samad tulemused. Sidepraktikum loeti arvestatuks kui aruanne oli õigeks ajaks esitatud ja küsimustele oli õigesti vastatud.

### 4.2 Praktikumi juhendis olevad tööülesanded

Sidepraktikum koosnes nii praktilisest kui teoreetilisest osast. Praktiline osa hõlmas endas katseid signaalialüsaatori ja erinevate antenniga. Teoreetiline osa oli küsimustele vastamine ja side loengust omistatud materjali kinnistamine. Küsimusi ja ülesandeid, millele tudengid pidid praktikumi juhendi lõpus vastama oli kokku kaheksa.

#### 1. Mis vahemikus töötab antud signaalialüsaator?

Praktikumis kasutati signaalialüsaatorit Rigol DSA 815. Kuna igal seadmel on omad parameetrid ja tööpiirkond on hea kohe esimese asjana see välja tuua. Antud signaalialüsaator töötas sagedusvahemikus 9kHz – 1.5 GHz. Selle vastuse said tudengid seadme nimest välja lugeda, arvutamise teel või internetist otsides.

## **2. Raadio kuulamine, proovi erinevaid antenne, milliseid raadiojaamasid leidsid? Milline antenn sobis kõige paremini?**

Tudengid pidid neile antud signaalialüsaatorit seadistama nii, et nad kuuleksid selle abil raadiot. Vajadusel, oli praktikumi juhendis kirjas sammud, mida nad selle läbimiseks tegema pidid. Häta jäädes, aitasid abistavad punktid vältida praktikumist osavõtjat teadmatuses istumist. Kui signaalialüsaator oli seadistatud vastavalt pidid tudengid ühendama kõrvaklapid ja antenni. Antenne oli kokku kolm. Selleks, et leida milline antenn sobib kõige paremini, tuli neil kasutada kõiki. Kõige selgemini kuulis raadiot teleskoop antenniga (praktikumi juhendis antenn hall). Küsimus täitis eesmärgi kui tudengid jõudsid samale tulemusele.

## **3. Miks osad antennid sobivad paremini FM raadio kuulamiseks?**

Küsimus uurib teoreetiliselt eelmisest küsimusest tekkinud antennide vahelisi erinevusi ja millest need sõltuvad. Kuna laine sagedus ja pikkus on omavahel seoses ning Eestis kasutatakse raadiosagedusi vahemikus 87 – 108 MHz, sobib raadio kuulamiseks pikem ehk suurema võimendusega antenn.

## **4. Mida loed välja signaalialüsaatori paneelilt kui ühendatud antennist käega kinni võtad (täpsemalt mustast või hallist antennist)? Põhjenda**

Signaalialüsaator võimaldab reaajas näha selle paneelilt signaalide tugevust. Kui praktikumis kasutatud hallist või mustast antennist käega kinni haarata, on paneelil selgelt näha, kuidas vastuvõetav signaal muutub. Sellisel juhul hakkab inimese keha toimima kui antenn, võimendades sellega antenni vastuvõtvaid signaale. Antud küsimuses ei loeta 4g antenni, kuna see on ümbritsetud seda kaitsva palstikkorpusega ning sellest kinni võtmisel selline efekt puudub.

## **5. Milliseid muid signaale näed paneelil, mis sagedustel ja milleks neid sagedusi kasutatakse?**

Peale raadiosageduste, oli signaalialüsaatoril näha veel kuidas antennid võtavad vastu signaale vahemikus 750-800 ja 900 MHz. Pärast nende signaalide üles leidmist tuli tudengitel iseseisvalt leida vastuseid, mille jaoks neid kasutatakse. Need signaalivahemikud on kasutusel televisioonis ning mõeldud juhtmevabadele seadmetele kasutamiseks.



## **6. Võrdle kolme antenni signaalialüsaatori alusel. Mis vahemikus signaalid "kinni püüavad", milliseks otstarbeks on need antennid loodud?**

Küsimus paneb tudengeid uurima ja võrdlema omavahel praktikumis kasutatud kolme antenni. Antenne said nad võrrelda signaalide tuvastamise alusel ning selle järgi tuletada nende otstarbed.

## **7. Millest sõltub signaalkiirus?**

Küsimuse all mõtles töö autor täpsemalt andmeedastuskiirust, kuid praktikumi juhendisse sai küsimus selliselt sõnastatud, siis ei loetud vastust, mis kirjeldab elektromagnetlainet kiirust valeks. Õige vastus oleks olnud sagedus või siis kaudselt lainepikkus.

## **8. Miks 5GHz wifi levib halvemini läbi takistuste võrreldes 2.4GHz wifiga? Kumba sa kasutaksid klassiruumis, kodus?**

Kinnistab seitsmendat küsimust praktilise poole pealt. Kuna 5GHz-se wifi lained on väiksemad ja nende sagedus suurem, võimaldab see luua rohkem fikseeritud suurusega kanaleid ning mida suurem on kanalite arv, seda suurem on infoedastuskiirus paralleelsete kanalite abil. Lisaks tuleb küsimuse vastuses välja 5GHz-se wifi puudused. Kuna lainepikkus on väiksem, mõjutab see selle laine läbitavust. Seega 2.4GHz-ne wifi levib paremini ruumides, kus on rohkem takistusi või on näiteks eraldatud seinadega. Nii klassiruumis kui kodus võib kasutada mõlemat, tähtis oli, et tudeng seletaks lahti miks ta just valis selle lahenduse.

## **4.3 Praktikumi tulemused**

Praktikum oli üks neljast laboratoorsest tööst, mis tuli tudengitel edukalt sooritada, et läbida side kursus. 23st tudengist, 22 läbisid selle praktikumi edukalt. Ühe sooritanud tudengi tööd ei ilmunud kirjalikus vormis, mis muutis töö mitteamvestatuks.

Pärast praktilise osa sooritamist sidelaboris, oli tudengitel aega kuni poolteist nädalat, et vastata praktikumi juhendis olevatele küsimustele. Kui saadetud töös ilmnes puudusi või kui küsimuste vastused ei olnud õiged, pidid tudengid pärast tagasisidet vead likvideerima ning töö uuesti esitama. Kuna praktikumi autor ei pidanud oluliseks töö vormistust, vaid sisu, siis ei olnud vahet kuidas esitatud töö oli kirjutatud.

Küsimustele 1, 2, 4, 5, 6 said tudengid vastuse praktikumis koha peal. Üle jäänud kolme küsimuse vastused, pidid nad iseseisvalt otsima internetist või loengumaterjalist. Rühmade poolt esitatud aruannetes läbivad vead puudusid. Kõige rohkem kulus neil praktikumis aega 2. vastuse saamiseks, sest signaalianalüsaator oli neile võõras seade. Segadust tekitas seitsmes küsimus, kus tudengid ei saanud aru täpsemalt mida neil küsitakse.

#### **4.3.1 Tudengitel praktikumi käigus enim ilmnenuv vead**

Korruga sai sidelaboris töötada kaks rühma, sest praktikumis kasutatud signaalianalüsaatoreid ei jagunud rohkem. Alati oli koha peal tudengitel abiks juhendaja, kes aitas küsimuste korral või vajadusel suunas praktikumi sooritajaid iseseisvalt analüsaatoriga tööd tegema.

Kõige levinumaks veaks oli juhendi mitte lugemine. Sellest tulenesid probleemid nagu kuhu ühendada antennid ja toiteallikas, kuidas ühendada omavahel vajaminevad adapterid ning ei kasutatud ära signaalianalüsaatori paneeli kõrval olevaid nuppe.

Tudengid kippusid tegema katseid ainult ühe antenniga. Pärast signaalianalüsaatori seadistamist ja osaliselt raadio kuulamist ei proovinud rühmad enam teisi antenne. Arvati, et raadio kvaliteet ei sõltu antennist ning kui kui kvaliteet oli halb, oletati et asi on signaalianalüsaatoris või selle ebakorrektses seadistuses.

Pärast igat rühma taastati praktikumis signaalianalüsaatorile algseaded. See tagas signaalianalüsaatori sarnase töötamise iga rühmaga. Üheks ettearvamatuks probleemiks kujunes kõrvaklappidest kostva sobiliku helitaseme valik. Signaalianalüsaator võimaldas rühmadel reguleerida kõrvaklappide helitugevust. Algseadmete järgi oli see liiga madal, mis ei võimaldanud kuulda raadiot. Kui see liiga kõrgeks sättida, ei suutnud kõrvaklapid väljundheli selgelt edastada, mis omakorda jättis halva signaali mulje.

## 5 Tagasisideküsitluse küsimused

Pärast praktikumi sooritamist pidid tudengid vastama Google Forms keskkonnas tagasisideküsitlusele. Küsitluses oli kokku 8 küsimust, millele vastamiseks kulub orienteeruvalt 5 minutit. Tagasiside eesmärgiks oli teada saada, kuidas tudengid jäid rahule antud praktikumiga ning mida oleks saanud teha teisiti või paremini. Tagasiside küsitluse küsimused olid järgmised:

### **Kuidas jäite rahule üldiselt praktikumi ülesehitusega?**

Küsimuse eesmärk oli teada saada, kuidas praktikumi sooritanud tudengid jäid rahule praktikumi ülesehitusega. Praktikumi ülesehituse all on mõeldud kogu praktikumi raames sooritatud ülesandeid, sellele registreerimist ja õppevahendite valikut. Vastata sai viie palli skaalal, millest 1 oli „üldse ei jäänud“ ja 5 „jään väga rahule“.

### **Kas praktikumi sooritamiseks oleks tarvis rohkem eelnevaid teadmisi selles valdkonnas?**

Küsimuse eesmärk oli selgitada välja, kas tudengid, kel puudusid kogemused või teadmised praktikumis käsitletavate teemade või selles kasutatud seadmete kohta, tundsid, et said hakkama praktikumi sooritamiseks. Võib-olla sai praktikum koostatud liiga raske või vastupidi liiga üldine. Küsimusele sai vastata kas jaatavalt või eitavalt, võimalusega täpsutada.

### **Kuidas jäite rahule küsimustega?**

Küsimuse eesmärk on saavutada ülevaade, kuidas juhendis olnud küsimustega rahule jääd. Küsimusele sai vastata viie palli skaalal, millest 1 oli „täiesti mõttetu“ ja 5 oli „huvitavad ja asjakohased“.

### **Kui arusaadavad olid tööülesanded?**

Praktikumi juhendis olevad küsimused nõudsid tudengitelt vastavate tööülesannete täitmist. Küsimuse vastustest kajastub, kui hästi said tudengid aru, mida nad peavad tegema. Vastata sai viie palli skaalal, millest 1 oli „ei saanud midagi aru“ ja 5 oli „kõik oli arusaadav“.

### **Kas õppisite midagi uut sooritatud praktikumist? Kui jah siis mida.**

Pärast praktikumi sooritamist on tarvis teada, kas seda sooritanud tudengid said laboratoorsest tööst uusi teadmisi või mitte. Praktikumi eesmärk on tudengitele õpetada

midagi uut või kinnistada loengus õpitut. Küsimuse vastustest selgub, kas see eesmärk sai täidetud. Vastuse variantid olid kas „ei“ või muu. Muu alla said vastanud lisada, kas said uusi teadmisi.

### **Kas praktikum aitas kinnistada loengumaterjale?**

Praktikumi sooritajad on läbinud eelnevalt sideaines selle teema teoreetilise osa. Küsimuse vastus annab tagasiside, kas neil tuli praktikumis eelnevalt õpitut rakendada ja kas see aitas neil seda kinnistada. Küsimusele sai vastata nii jaatavalt või eitavalt.

### **Kuidas jäite rahule kohapealse abiga?**

Küsimuse vastustest saab teada, kuidas praktikumi sooritanud jäid rahule kohapealse abiga. Kuna praktikum toimus sidelaboris, pidi seal koha peal olema juhendaja, kelleks oli töö autor, kes aitas küsimuste korral. Vastata sai viie palli skaalal, kus 1 oli „polnud üldse abi“ ja 5 oli „aidati piisavalt“.

### **Mida oleks võinud teha teisiti, mis ei meeldinud?**

Viimane küsimus võimaldas tudengitel anda tagasisidet vabas vormis, anda soovitusi või märkusi praktikumi kohta ning esile tuua puudujääke. Vastamine oli vabatahtlik ning vastata sai vabas vormis.

## 6 Tagasiside tulemused

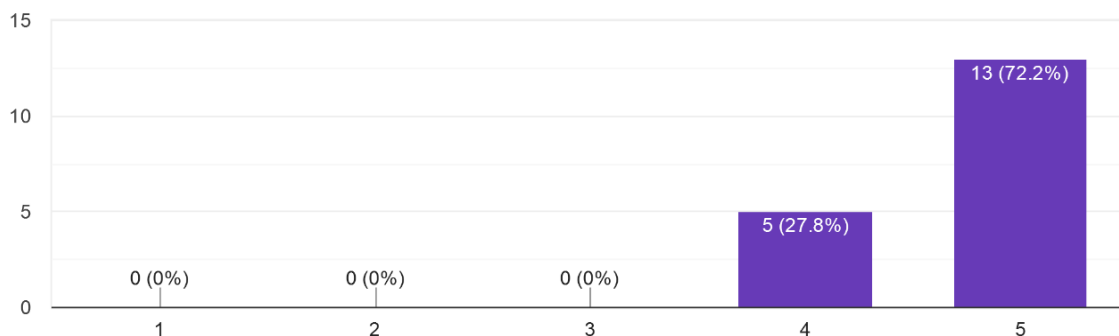
Kokku sooritas praktikumi 23 tudengit. Neist 18 täitis ära tagasiside küsitluse. Igale tudengile sai saadetud meeldetuletus tagasiside täitmise kohta pärast nendepoolset aruande esitamist. Tagasiside tulemused olid järgmised:

### Kuidas jäite rahule üldiselt praktikumi ülesehitusega?

18 vastanust, 13 valis viie palli skaalal 5, mis oli „jään väga rahule“ ja 5 valis vastuseks 4, mida võib ka lugeda rahule jäämiseks. Nende vastuste põhjal võib järeldada, et tudengid jäid enamasti sooritatud praktikumi, aruandes küsimuste ja valitud õppevahenditega rahule ning see vastas nende ootustele.

Kuidas jäite rahule üldiselt praktikumi ülesehitusega?

18 responses



Joonis 6 – Tagasiside küsitluse esimese küsimuse tulemused

### Kas praktikumis sooritamiseks oleks tarvis rohkem eelnevaid teadmisi selles valdkonnas?

18 vastanust, 13 valis vastuseks „ei“ ning 4 vastuseks „jah“. Kuna üks vastus ei vastanud otseselt küsimusele, ei võetud seda siin arvesse. Suurem osa 72,2% vastanutest arvas, et praktikumi sooritamiseks ei ole tarvis eelnevaid teadmisi, võib järeldada, et praktikum oli küllaltki hea iseseisev ülesanne tudengitele või liigagi üldine.

Kas praktikumi sooritamiseks oleks tarvis rohkem eelnevaid teadmisi selles valdkonnas?

18 responses



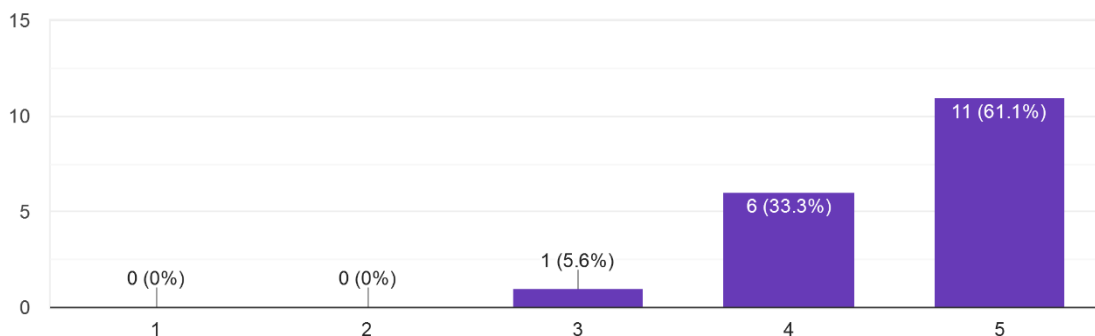
Joonis 7 - Tagasiside küsitluse teise küsimuse tulemused

### Kuidas jäite rahule küsimustega?

18 vastanust, 11 valis viie palli skaalal vastuseks 5 „huvitavad ja asjakohased“, 6 valis vastuseks 4 ning 1 valis 3. Võib järeldada, et enamasti jäid tudengid autori poolt moodustatud aruande küsimustega rahule ning ei olnud mõttetuid küsimusi.

Kuidas jäite rahule küsimustega?

18 responses



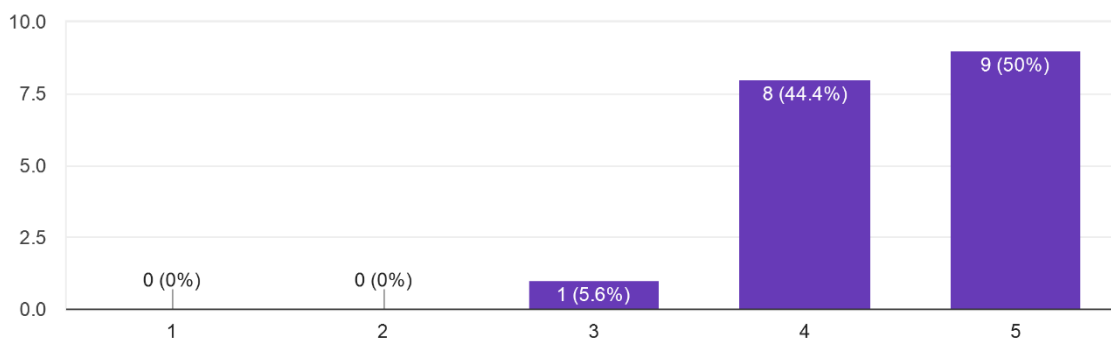
Joonis 8 - Tagasiside küsitluse kolmanda küsimuse tulemused

### Kui arusaadavad olid tööülesanded?

18 vastanust, 9 valis viie palli skaalal vastuseks 5 „kõik oli arusaadav“, 8 valisid 4 ning 1 valis vastuseks 3. Kuna poolte vastanutest valis vastuseks alla viie, võib järeldada, et kõik ei olnud päris arusaadav ning mingisugustes küsimustes oleks võinud kirjutada juurde rohkem täpsustusi või sõnastada küsimus paremini.

Kui arusaadavad olid tööülesanded?

18 responses



Joonis 9 - Tagasiside küsitluse neljanda küsimuse tulemused

### **Kas õppisite midagi uut sooritatud praktikumist? Kui jah, siis mida.**

Kuna vastata sai ainult kas „ei“ või „muu“, siis ükski vastanutest ei valinud vastuseks „ei“. Selle põhjal võib järeldada, et praktikumi sooritanud tudengid said praktikumist midagi uut teada. Täispikkuses ja grupeeritult on vastused toodud välja lisas nr 2.

Tagasiside küsitluse viienda küsimuse vastuseid sai jaotada kolmeks. Esimeseks oli vastus „ei“, mida ei valinud ükski tudeng ehk sooritatud praktikumi käigus õppisid kõik tudengid midagi uut. Teiseks olid vastused, mis hõlmasid signaalialüsaatori tundma õppimist. Nii vastasid üksteist õpilast.



Kolmandaks olid vastused, mis hõlmasid erinevate antennidega tutvumist. Nii vastasid seitse tudengit.

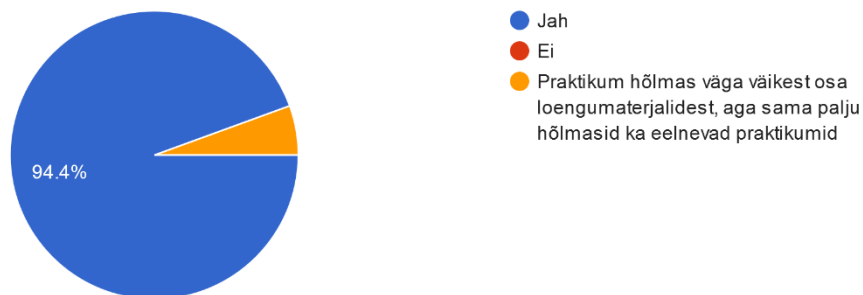
Joonis 10 – Tagasiside küsitluse viienda küsimuse vastused sorteeritud vastavalt õpitule

### **Kas praktikum aitas kinnistada loengumaterjale?**

18 vastanust, 17 valis vastuseks „jah“ ning 1, et ainult väga väikest osa. Vastanutest 94,4% oli jaatav, mis tähendab, et loengust õpitu tuli kasuks või nad on eelnevalt antud teemaga kokkupuutunud, mis aitas neil praktikumis eelnevalt omistatut kinnistada.

Kas praktikum aitab kinnistada loengumaterjale?

18 responses



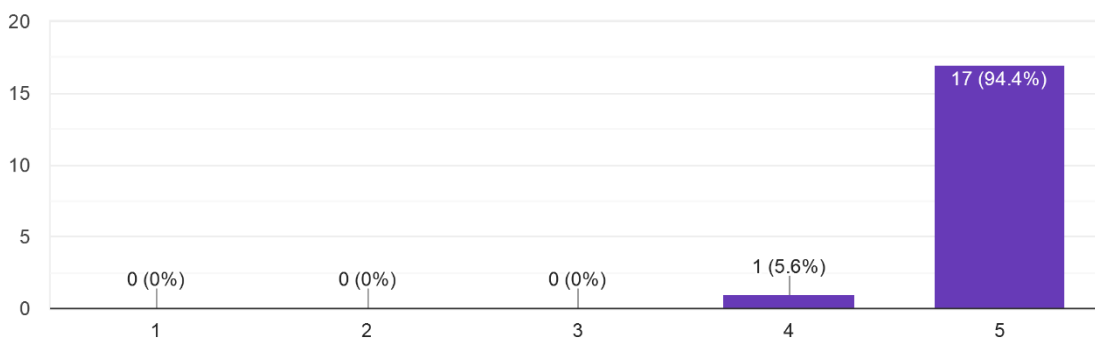
Joonis 11 - Tagasiside küsitluse kuuenda küsimuse tulemused

### Kuidas jäite rahule kohapealse abiga?

18 vastanust, 17 valisid viie palli skaalal vastuseks 5 „aidati piisavalt“ ja 1 valis 4. Vastustest võib järeldada, et kohapealsest juhendajast oli abi ja tulevikus seesuguse praktikumi läbi viimisel võiks ka olla kohapealne juhendaja.

Kuidas jäite rahule kohapealse abiga?

18 responses



Joonis 12 – Tagasiside küsitluse seitsemenda küsimuse tulemused



## Mida oleks võinud teha teisiti, mis ei meeldinud?

Küsimusele vastas 9 tudengit 18-st, millest kahte vastust ei võetud arvesse. Vastanud tudengite seast võib järeldada, et sooritatud praktikum vastas nende ootustele. Juhend oli arusaadav, kuid teatud küsimuste juures oleks võinud täpsustada. Lisaks, oleks võinud olla rohkem küsimusi ja teoreetilist tausta.

Mida oleks võinud teha teisiti, mis ei meeldinud?

9 responses

Küsimusi oleks võinud tegelikult veel rohkem olla, praegu oli suhteliselt lihtne praktikum ja aruanne võrreldes eelnevatega

Ülesandeid oleks võinud isegi rohkem olla, kuna oli päris huvitav.

Kõik oli väga tore, kiitust praktikumi korraldajale

Natuke jäi segaseks küsimus signaalkiiruse kohta. Teisalt, ega reaalses elus kõik küsimused ja probleemid ei ole ühemõttelised ja üheselt arusaadavad :)

Kõik oli tudengile kohane, ja oli huvitav

Praktikumi tööjuhendis oleks võinud olla rohkem teoreetilist tausta ja praktikumiks ette valmistamiseks soovituslikku kirjandust/materjale.

-

Kõik sobis, juhend oli arusaadav ning juhendi põhjal oli meeldiv praktikumi teha

Joonis 13 - Tagasiside küsitluse kaheksanda küsimuse tulemused

## **6.1 Tagasiside tulemuste järelendus**

Tagasisideküsitluse vastuste põhjal võib üldiselt järelendada, et sidepraktikum, mis sai koostatud ja läbi viidud teise kursuse tudengite seas, täitis oma eesmärgi. Kõik praktikumi sooritanud õppisid praktikumi käigus midagi uut. Enamjaolt oli see uue seadme RIGOL DSA815 võimalustega tutvumine. Vastustest tuleb välja, et tudengid jäid praktikumi ülesehitusega rahule. Lisaks jäid tudengid rahule juhendis olevate küsimuste ja tööülesannetega, kuid küsimustiku järgi said praktikumi juhendi küsimused liiga kauged sideaine teooriast. Samas aitab praktikum suuremal osal õpilastest kinnistada neid teooriamaterjale, mida töö käigus kasutati. Enam kui pooled tudengitest arvasid, et rohkem eelnevaid teadmisi seesuguse praktikumi sooritamiseks pole tarvis, mis tähendab, et praktikum sai kas liiga lihtne või paraja mõõdukusega.

Lisaks saab järelendada viimase küsimuse vastustest, et seesugusel praktikumil oleks võinud olla juhendis veel rohkem küsimusi, sest eelmiste praktikumidega võrreldes oli tegemist vähem keerulisema tööga. Veel vastati, et praktikumi juhendis oleks võinud olla rohkem teoreetilist tausta käsitletud teema kohta ja soovituslikke materjale, mis oleks aidanud praktikumiks rohkem ette valmistada. Viimasena, tekitas tudengites arusaamatust juhendis seitsmes küsimus, kus küsiti, millest sõltub signaalkiirus. Kuna tegemist oli kirjaveaga ning viga sai märgatud liiga hilja, ei võetud seda küsimust arvesse, kui vastus oli vale.

### **6.1.1 Ettepanekud praktikumi arendamiseks**

Saadud tagasiside ja järeluste põhjal võiks tulevikus seesuguse praktikumi loomisel viia läbi mõned muudatused. Esmalt tuleks parandada seitsmenda küsimuse sõnastus, kus tuleks muuta signaalkiirus andmeedastuskiiruseks. Seejärel lisada peatükki iseseisev ettevalmistustöö mõned veebilehed, kus tudengid saavad huvi korral juurde lugeda antennide parameetritest või kasutusel olnud signaalianalüsaatori kohta.

Võimalusel hangiks signaalianalüsaatori, mille töötamisvahemik lubab vaadelda wifit, kas siis 5 GHz või 2,4 GHz juures. Kuna andmeside ja wifi leiavad laialdaselt kasutust, võimaldaks see tudengitel analüüsida täpsemalt, mis elemendid neid laineid segavad ja kuidas olukorda parandada. Veel lisaksin ühe praktilisema ülesande signaalianalüsaatoriga, sest see võimaldab näha kui palju energiat kulub antennil ümbritsevasse keskkonda. Ülesanne hõlmaks monopool antenni (praktikumis kasutusel olnud hall antenn) neelduvuse mõõtmist. Samuti võiks lisada veel erinevaid antennitüüpe ning nendega läbi viia katseid. Kuna logoperioodiline antenn on juba olemas, võrdleks seda näiteks yagi antenniga või laseks tudengitel endil teha antenn ja selle parameetrid mõõta.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli side ainekavadele tudengitele luua praktikum, mille nad pidid edukalt läbima. Seejärel analüüsida tagasiside küsitluse vastuste põhjal, kas praktikumist oli neile kasu ning mida oleks võinud teha teisiti.

Esitatud tööde põhjal võib järeldada, et tudengid said neile määratud ülesannetega positiivselt hakkama. Kahekümne kolmest sooritanud tudengist kaksikümme kaks läbisid edukalt loodud praktikumi. Lisaks tagasiside vastuste põhjal saab järeldada, et tudengid, kes olid sooritanud praktikumi, jäid laboratoorse osa ning selle juhendiga rahule.

Laboratoorse töö juhendi koostamisel omandas autor nii uusi kogemusi kui ka teadmisi. Praktikumi ettevalmistamine ning seejärel tööde parandamine ja tagasiside andmine andsid autorile hea ülevaate ja arusaamise, mida selline töö endast kujutab. Lisaks sai autor teha tutvust praktikumis kasutatud antennide ja muu tehnikaga, mis ajendas autorit teoreetilise osaga tutvuma.

Töö alguses seatud eesmärk, koostada praktikumi juhend ja seejärel viia praktikum läbi tudengite seas, sai täidetud. Praktikumi edasiarendamiseks, leiab autor, et praktikumijuhendit võiks täiendada paari praktilise ülesandega ning täiendada juhendis olevat teoreetilist osa.

## Summary

The purpose of this work was to create a laboratory work for the students taking part of the wireless communication course and to analyze the feedback to see if the practicum was beneficial to them and what could have been done differently.

Based on the submitted works of the students, it can be inferred that the students did well in completing their assignments. Twenty two of the twenty three students successfully completed the practicum. The feedback from the students shows that the students who completed the practicum were satisfied with the testing part of the practicum and the instructions provided.

The author gained both experience and knowledge while compiling the instructions for the students. Preparing for the practicum and reviewing the work of the students gave the author a good overview and understanding of the topic. In addition, the author got a chance to familiarize themselves with the antennas and other hardware used in the practicum, which which furthered the author's interest in the theory of antennas.

The goal that was set at the start of the work, to compile instructions for the practicum and carry it out, was accomplished. To further develop the practicum, the author finds that one could add more exercises and expand on the theoretical part of it.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

Antenna Theory - Isotropic Radiation. (2020). Viimati vaadatud 17.11.2020, [https://www.tutorialspoint.com/antenna\\_theory/antenna\\_theory\\_isotropic\\_radiation.htm](https://www.tutorialspoint.com/antenna_theory/antenna_theory_isotropic_radiation.htm)

Bell Telephone System. (1952). The Magic of Communication. U.S.A

Bevelacqua, P. J. (2009). Bandwidth. Viimati vaadatud 17.11.2020, <http://www.antenna-theory.com/basics/bandwidth.php>

Currie, T. (2004). A concise history of British TELEVISION, 1930-2000. Viimati vaadatud 26.02.2021, [https://books.google.ee/books?id=PdpKE-\\_HrVQC&pg=PA42&dq=1930%3A%2BBBC%2Bbegan%2Btelevision%2Bexperiments.&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjkt8DuzofvAhUCxosKHT1LATYQ6AEwBHoECAUQAq#v=onepage&q=1930%3A%20BBC%20began%20television%20experiments.&f=false](https://books.google.ee/books?id=PdpKE-_HrVQC&pg=PA42&dq=1930%3A%2BBBC%2Bbegan%2Btelevision%2Bexperiments.&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjkt8DuzofvAhUCxosKHT1LATYQ6AEwBHoECAUQAq#v=onepage&q=1930%3A%20BBC%20began%20television%20experiments.&f=false)

Deffree, S. (2020, 7 jaanuar). 1st transatlantic telephone service is ESTABLISHED, January 7, 1927. Viimati vaadatud 03.03.2021, <https://www.edn.com/1st-transatlantic-telephone-service-is-established-january-7-1927/>

Domb, C. (2021, 28 jaanuar). James clerk Maxwell. Viimati vaadatud 28.03.2021, <https://www.britannica.com/biography/James-Clerk-Maxwell>

Everything RF. (2018, 13 august). Viimati vaadatud 17.11.2020, <https://www.everythingrf.com/community/what-is-antenna-directivity>

Falciasecca, G., & Valotti, B. (2009, 30 oktoober). Guglielmo marconi: The pioneer of wireless communications. Viimati vaadatud 26.02.2021, [https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5296358?casa\\_token=0-PYvz5y5UAAAAA%3AM3vjWUGkKhos5KAwEWhkXX3dpSUTggbmhkQycU9YyDYrBc95dZP6c\\_S6QO\\_yF6l4Y23nxj0amA](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5296358?casa_token=0-PYvz5y5UAAAAA%3AM3vjWUGkKhos5KAwEWhkXX3dpSUTggbmhkQycU9YyDYrBc95dZP6c_S6QO_yF6l4Y23nxj0amA)

"Flying the beam": Time and navigation. (kuupäev puudub). Viimati vaadatud 21.05.2021, <https://timeandnavigation.si.edu/navigating-air/challenges/overcoming-challenges/radio-navigation>

Goodden, J. (2012, 11 mai). Wales - Marconi's WELSH wireless Revolution. Viimati vaadatud 26.02.2021, <https://www.bbc.co.uk/blogs/wales/entries/fe40d3e6-5696-353e-adac-e48659862052>

Gregersen, E. (2021, 18 veebruar). Heinrich Hertz. Viimati vaadatud 21.05.2021, <https://www.britannica.com/biography/Heinrich-Hertz>

Lienau, J. (2019, 4 veebruar). Understanding antenna design. Viimati vaadatud 10.04.2021, <https://www.lairdconnect.com/resources/white-papers/understanding-antenna-design>

O'Neill, A. (2008, jaanuar). Asad Abidi Recognized for Work in RF-CMOS. Viimati vaadatud 08.04.2021, [https://www.researchgate.net/publication/245509305\\_Asad\\_Abidi\\_Recognized\\_for\\_Work\\_in\\_RF-CMOS](https://www.researchgate.net/publication/245509305_Asad_Abidi_Recognized_for_Work_in_RF-CMOS)

RIGOL. (2021). DSA800/E SERIES-SPECTRUM-ANALYZERS-RIGOL TECHNOLOGIES, Co. Ltd. Viimati vaadatud 11.04.2021, from <https://int.rigol.com/products/spectrum-analyzers/dsa800.html>

Severin, W. J. (2009, 18 mai). Commercial vs. NON-COMMERCIAL radio during Broadcasting's early years. Viimati vaadatud 26, 2021, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08838157809363905?journalCode=hem19>

Telewave, Inc. (2018, 9 veebruar). Understanding Antenna Gain: Telewave, Inc. Viimati vaadatud 17.11.2020, <https://www.telewave.com/2018/02/understanding-antenna-gain/>

Woodford, C. (2020, 29 juuni). How do antennas and transmitters work? Viimati vaadatud 11.11.2020, <https://www.explainthatstuff.com/antennas.html>

## **Joonised**

Joonis 1- Everything RF. (2018, 13 August). Viimati vaadatud 17.11.2020, <https://www.everythingrf.com/community/what-is-antenna-directivity>

Joonis 2 -Antenna Gain. (2020, 21 August). Viimati vaadatud 16.11.2020, <https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1000077015/cb29154d/antenna-gain>

# LISAD

## 1. Praktikumide juhend

### Sidepraktikumide juhend

Autor & kuupäev: Mihkel-Karl Pindma, 16.11.2020

Selle praktikumi eesmärk on tutvustada signaalialanalüsaatorit (ingl. k. *spectrum analyzer*) ning viia läbi katsed mudeliga Rigol DSA 815. Testida erinevaid antenne nende omaduste ja võimaluste poolest ning lisaks meelde tuletada vähesel määral teooriat raadiolainetest. Praktikumide läbimiseks on praktikumide juhendi lõpus küsimused, millele tuleb vastata lühidalt.

#### Iseseisev ettevalmistustöö

Praktikumis tuleb kasutada signaalialanalüsaatorit Rigol DSA815, kuhu tuleb ühendada erinevaid antenne, vastavalt tööülesannetele. Praktikumide sooritamisel tuleb kasutada oma eelteadmisi antennide tööpõhimõtetest.

Rigol DSA 815 on töökindel seade. Sellega töötamisel või tutvudes ära karda, et mõne vale nupu vajutamisel signaalialanalüsaator lakkab funktsioneerimast. Alati on võimalik nupu "Present" vajutamisel taastada selle algseaded. Paremaks arusaamiseks soovitatakse tööd alustades suvalise antenni külge ühendada ning nupud julgelt läbi proovida.

Antennide ühendamisel ja adapterite kinnikeeramisel veendu, et adapterites olevad ühendusülid (ingl. k. *pin*) (vt joonis 1) ei murduks. Keeramise ajal hoia antenni paralleelselt ning kui signaalialanalüsaatori paneelilt näed signaali, pole kinnitust rohkem tarvis pingutada.



Joonis 1-  
Antennis olev  
pin

#### Komplekti kirjeldus:

- Signaalialanalüsaator Rigol DSA 815 [1]



Joonis 2- Praktikumis kasutatav signaalialanalüsaator ning märgistatud vajaminevad nupud

Tähistatud nupud:

1. - Programmeeritav nupp, siin praktikumis taastab algseadistustele (ingl. k. *reset*)

2. - Võim sisse/välja
3. - Kõrvaklappide jaoks port
4. - Paneel
5. - Nupud millega paneelil navigeerida
6. - Tagasi nupp paneelil
7. - FREQ= sageduse seadistamiseks ja vaatlemiseks, SPAN= sageduse vahemiku seadistamiseks, AMPT= amplituudi muutmiseks
8. - Paneelil oleva märgistaja (ingl. k. *marker*) aktiveerimiseks ja liigutamiseks (vt joonist 3)
9. - DEMOD= modulatsiooni seadistamiseks
- 10.- Kerimisratas (ingl. k. *scroll wheel*). Võimaldab mugavalt paneelil väärtusi muuta. **Kasulik märgistaja liigutamiseks paneelil.**
11. - Redigeerimisnupud (ingl. k. *edit*). Veel üks võimalus paneelil väärtuste muutmiseks. **Kasulik kasutada kui väärtusi on vaja täpselt seadistada või muuta suurel määral.**
12. - Antenni port



Joonis 3-  
Signaalianalüsaatoril olev marker "1"

- Antennid (alates vasakult):
  1. Tundmatu ruuteriantenn (must)
  2. Teleskoopantenn (hall)
  3. Trans-Data LTE KYZ 7, 5/8/10 (valge)

Praktikumi juhendi lihtsustamiseks viidatakse antud antennidele nende värvi järgi, al. vasakult – must, hall, valge.



- Kõrvaklapid AUX portiga (ingl. k. *antennid* (Paremalt- must, hall, valge)  
*auxiliary port*)
- Adapterid (alates vasakult):





5- Joonis Adapterid antennide ühendamiseks signaalianalüsaatori külge

1. 2x N-isane to N-isane adapter, kaabliühendus
2. RP-SMA-isane to N-isane adapter
3. 2x RP-SMA-emane to N-isane adapter
4. SMA-isane to SMA- isane adapter
5. 2x SMA-isane to SMA- emane adapter
6. RP-SMA-isane to SMA-emane adapter
7. 2x SMA-emane to PRSMA-emane adapter

## Ülesanded:

1. Mis vahemikus töötab antud signaalialalüsaator?
2. Raadio kuulamine
  - Ühenda signaalialalüsaator vooluvõrku.
  - Vali üks kolmest antennist ja ühenda see adapterite abil analüsaatori külge. NB! Adapterid kinnitades, ole ettevaatlik, et nii nendes kui antennides olevad pin'id ära ei murduks.
  - Peaksid nägema paneelil antenni poolt vastu võetud signaale kui ei, siis kontrolli ühendust.
  - Enamus raadiojaamad töötavad Eestis 100MHz sagedusel, seadista analüsaatori sageduskeskpaik 100MHZ peale.
    - **FREQ** – Center Freq – 100MHZ (*edit* nuppudest 100)
  - Vajadusel saad **SPAN** nupust muuta väiksemaks vaadeldavat vahemikku, mis aitab raadiosignaale paremini eristada ümbritsevast müra.
  - **SPAN** – kerimisratta liigutamisel
  - Demoduleeri signaal FM
    - **Demod** – Demod off muuda FM-iks
  - Ühenda kõrvaklapid
  - Lülita sisse audio ja suurenda demodulatsiooni aega
    - **Demod** – Demod Setup – Earphone ON – Demod TIME näiteks 5s
  - Signaalide vahel saad liikuda: **Marker** – kerimisratatst kerides

Proovi erinevaid antenne, milliseid raadiojaamasid leidsid? Milline antenn sobis kõige paremini?

3. Miks osad antennid sobivad paremini FM raadio kuulamiseks?
4. Mida loed välja signaalialalüsaatori paneelilt kui ühendatud antennist käega kinni võtad (täpsemalt mustast või hallist antennist)? Põhjenda
5. Milliseid muid signaale näed paneelil, mis sagedustel ja milleks neid sagedusi kasutatakse?
6. Võrdle kolme antenni signaalialalüsaatori alusel. Mis vahemikus signaale nad "kinni püüavad", milliseks otstarbeks on need antennid loodud?
7. Millest sõltub signaalikiirus?

8. Miks 5GHz wifi levib halvemini läbi takistuste võrreldes 2.4GHz wifiga? Kumba sa kasutaksid klassiruumis, kodus?

## Lisa 2

Tagasiside küstitluse vastused küsimusele Kas õppisite midagi uut sooritatud praktikumist? Kui jah, siis mida?

Vastused on grupeeritud vastavalt sisule

### **Õppisid peamiselt erinevaid antennitüüpe**

Kuidas erinevad antennid toimivad.

Erinevate antennide käitumiste kohta, inimene käitub antenni katsudes signaalivõimendina.

Õppisin, kus erinevaid antenne kasutada saab

### **Õppisid töötama signaalialüsaatoriga**

Sain väikese praktilise kogemuse signaalialüsaatoriga, vastamine nõudis info otsimist ja olemasolevate teadmiste "päriselt mõtestamist"

Jah, kuidas kasutada signaalialüsaator ja kuidas viia katseid läbi Rigol DSA 815ga.

Õppisin veidi kasutama signaalialüsaatorit

Signaaligeneraatori kasutamist

Signaalialüsaatori kasutamist

Jah, polnud varem signaalialüsaatorit kasutanud

Õppisin kasutama signaalialüsaatorit

Jah, polnud varem signaalialüsaatorit kasutanud

Signaaligeneraatorit oskan nüüd kasutada ja ka lugeda tulemusi, analüüsida.

Signaalialüsaatori kasutamist

### **Õppisid mõlemat**

Signaalialüsaatori kasutamist ja antennide analüüsimist

Kuidas toimib Fm signaalide vastuvõtmine ja kuidas seadmeid kasutada

Õppisin kasutama signaali analüsaatorit. Samuti sain teada, kuidas erinevad antennid (ka need mis pole disainitud FM raadiolaineid vastu võtma) reageerivad FM raadiolainetele - see on asi, mida varem pole ise katsetanud.

Kuidas signaalialüsaatorist kasutada, üldiselt antennidest. Praktilist kogemust signaalide püüdmisel.

Sain antennite tüüpidest rohkem teada, tutvusin signaalialüsaatoriga