Tallinna Tehnikaülikool
Infotehnoloogia teaduskond

IEE2580 Antennid ja raadiolevi

Laiendatud ainekava

Sügis 2026

Üldinfo

Aine maht: 6 EAP

Õppekeel: Eesti

Õppejõud: Ivo Müürsepp ivo.muursepp@ttu.ee

Õppeaine sisu lühikirjeldus (teemad): Antennide tüübid, elektromagnetlainete kiirgamise protsess. Antennide põhiparameetrid ja nende mõõtmine, antennivõred. Lainejuhtide tüübid ja omadused, lainete levi lainejuhtides. Levikanalite mudelid, lainete levi vabas ruumis. Lainelevi linnakeskkonnas ja hoonetes. Troposfääri- ja ionosfääriside, lainete hajumine, peegeldumine ja murdumine. Satelliitside, raadioreleeliin, mikrolained ja optiline kiirgus atmosfääris, sademete mõju levile. Mitmekiireline levi ja feedingud.

Õppeaine kirjeldus

Nõutavad eelteadmised ja/või eeldusained: Aine edukaks läbimiseks on soovitav eelnevalt omandada ainete IEE2560 – Raadiosageduslik elektroonika ja IEE1110 – Elektromagnet-väljatehnika sisu. Aine edukaks läbimiseks vajalike eelteadmiste nimekiri on leitav kursuse Moodle lehelt.

Seos õppekavaga: Võrgutehnoloogiate ja -teenuste õppekavas annab aine vajalikud teadmised raadiovõrkude toimimise füüsikalistest alustest. Aine moodustab ühtse raadioside alase terviku õppeainetega IEE2560 – Raadiosageduslik elektroonika ja IEE1110 – Elektromagnetvälja-tehnika.

Õppeaine eesmärgid: Aine eesmärgiks on anda õppijale arusaam sellest kuidas toimub raadiolainete tekitamine ja suunamine, nende levi ruumis ja vastuvõtt sidekanali teises otsas.

Õpiväljundid: Õppija peab aine lõpus suutma demonstreerida järgmisi teadmisi ja oskuseid.

1. Võrdleb peamisi antennitüüpe etteantud tehniliste nõuete alusel ning põhjendab sobiva lahenduse valikut.
2. Mõõdab antenni peamisi parameetreid kasutades etteantud mõõteseadmeid ja dokumenteerib tulemused vastavalt juhendile.
3. Modelleerib MATLAB-keskkonnas etteantud tingimustel lihtsa raadiokanalit ja analüüsib saadud simulatsioonitulemusi.
4. Analüüsib erinevate keskkondade mõju raadiosignaali levile etteantud stsenaariumi põhjal.
5. Arendab etteantud tehniliste nõuete alusel lihtsa antenni või raadiosagedusseadme prototüübi.

Üliõpilased:

Tegemist on valikainega Tallinna Tehnikaülikooli Riistvara arenduse ja programmeerimise ning Võrgutehnoloogiate ja -teenuste magistriõppe kava üliõpilastele.

Erivajadused:

Erivajadustega üliõpilastel on võimalik õppeaines osaleda. Palun informeerige kohe õppeaine alguses õppejõudu erivajadustest, mis võivad mõjutada teie osalemist õppetegevuses või hindamistegevuses.

Registreerumine:

Õppeainet läbida soovivad õppurid peavad deklareerima õppeaine ÕIS-is vastavalt akadeemilises kalendris määratud tähtaegadele.

Õppeprotsessi kirjeldus:

Kontaktõppe raames toimuvad järgmised tegevused.

- Iganädalased **loengud** millede sisuks on uute teemade käsitlemine, demonstratsioonide läbiviimine ja arutelud.
- **Praktikumid** mille käigus seostatakse õpitud teooriat praktikaga, õpitakse käsitlema mõõteseadmeid ja antenne ning samuti kuidas vormistada ja esitleda mõõtmiste tulemusi.
- Vajaduse korral toimuvad, eelneval kokkuleppel, ka **konsultatsioonid.** Vastavalt vajadusele kas Microsoft Teams'i vahendusel või ruumis U02-222.

Iseseisev õppetöö koosneb järgnevatest osadest.

- **Kodutööde lahendamine** – iga nelja nädala tagant esitatav moodulülesanne vastavate nädalate teemadel.
- **Iseseisev töö õppematerjalidega**, kasutada võib nii õppejõu poolt soovitatud materjale kui ka ise leituid.
- **Eksam** iseseisva projektitöö vormis. Eksamiprojekti koostamise detailne juhend on leitav õppeaine Moodle lehel.

Õppijalt oodatakse.

- Aine omamiseks vajalike eelteadmiste omamist. Soovituslik nimekiri on leitav aine Moodle kursuselt. Puuduolevad eelteadmised tuleb vajadusel iseseisvalt omandada.
- Regulaarset iseseisva töö tegemist.
- Tähtaegadest kinnipidamist.
- Probleemide tekkimisel nendest võimalikult varajast teavitamist.
- Akadeemilise eetika reeglitest kinnipidamist.
- Valmisolekut kasutada õppetöös inglise (või muukeelset) tehnilist- ja erialast kirjandust.

Hindamine

Hindamismeetod	Hindamiskriteeriumid	Seos õpiväljunditega
Iseseisev kodune töö	Hinnatakse omandatud teadmisi ja oskuseid.	1, 3 ja 4.
Praktikumid	Hinnatakse omandatud teadmisi ja oskuseid, oskust mõõtmisi sooritada ja tulemusi dokumenteerida.	2 ja 3.

Iseseisev eksamiprojekt	Andmete kogumise ja analüüsivõimet, oskust aines omandatut praktikas rakendada.	2 - 5.

Lõpphinde kujunemine:

Kursuse hinne moodustub kolme komponendi summana. Kodutööde tulemus annab lõpphindest 20 punkti, praktikumide kaitsmine annab kuni 30 punkti ja eksamiprojekt annab kuni 50 punkti.

Punktide summa muudetakse lõpphindeks järgmiste põhimõtete alusel:

"0" – punktide summa on alla 51;
"1" – punktide summa on 51 kuni 60;
"2" – punktide summa on 61 kuni 70;
"3" – punktide summa on 71 kuni 80;
"4" – punktide summa on 81 kuni 90;
"5" – punktide summa on 91 või rohkem.

Õppekorraldus

Kontaktõppe ajagraafik:

Kontaktõpe toimub vastavalt Tehnikaülikooli tunniplaanile. Aine tegevuskava on leitav ainekursuse Moodle kodulehelt.

Õppeaine e-tugi:

Ainekursuse koduleht Moodles:
https://moodle.taltech.ee/course/view.php?id=37665

Õppekirjandus:

1. Balanis, CA 2016, Antenna Theory: Analysis and Design, John Wiley & Sons.
2. Carr, Joseph J; Hippisley, George 2014, Practical antenna handbook, McGraw-Hill
3. Fang, D.G. 2010, Antenna Theory and Microstrip Antennas, CRC Press
4. Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele 1998, Antenna theory and design, John Wiley & Sons.
5. Collin, Robert E 1985, Antennas and Radiowave Propagation, McGraw-Hill.
6. Umborg Jaak, 2027, Raadiotehnika alused, Eesti Lennuakadeemia
7. Kaitseväe Side- ja Infosüsteemide Väljaõppe- ja Arenduskeskus. Sidemehe taskuraamat. I osa: raadioside taskuraamat

Vajalikud ressursid:

Osade praktikumide ja kodutööde jaoks on plaanis kasutada MATLAB keskkonda. Soovi korral võib selle asemel kasutada ka muid, õppurile sobivaid, rakendusi.

Õppejõuga kontakti saamine:

Eelistatud kontakteerumise viis on e-kirja teel: ivo.muursepp@ttu.ee, vastatakse hiljemalt kolme tööpäeva jooksul.

AI kasutamine:

Generatiivset tehisintellekti (juturobot) võib kasutada kodutööde ja aruannete vormistamisel ning vajalike materjalide leidmisel kuid mitte nende tööde sisu koostamisel. AID võib kasutada ka skriptide koostamisel kuid sellele tuleb viidata ja üliõpilane peab oskama skripti tööd selgitada. Õppejõud võib esitatud tööde vormistuse kontrollimiseks kasutada AI tööriistu.

Akadeemilised tavad:

Tallinna Tehnikaülikooli õppurina on teil kohustus järgida õppetöös ülikooli akadeemilisi tavasid. Eeldatakse, et töö, mille te esitate oma nime all, on teie enda tehtud. Plagiaat ning spikerdamine ei ole aktsepteeritavad. Kui leiab kinnitust, et te olete sellist tegevust harrastanud, siis sellele järgneb konkreetse töö/eksami hinne “0” ning esitatakse esildis teaduskonna „Akadeemiliste tavade ja vääritu käitumise menetlemise komisjonile“. Sõltuvalt komisjoni ettepanekust, võib see tuua kaasa dekaani noomituse või, väga olulise rikkumise korral, ülikoolist eksmatrikuleerimise.

Kursuse töökoormus

Kursuse maht on 6 EAP mis vastab 156 tunnile õppetööle (1 EAP = 26 h). Õppetöö on erinevate tegevuste raames ligikaudu alljärgnevalt:

- Loenguid kokku 24 h;
- praktikumide sooritamine, vormistamine ja kaitsmine ~ 20 h;
- iseseisev töö materjalidega (õpiku lugemine u 20 – 30 lk nädalas) ~ 40 h;
- koduste ülesannete lahendamine ~ 30 h;
- Töö iseseiseva eksamiprojektiga 42 h.

Detailne ajakava ning teemad

Nädal 1

Sissejuhatus
Elektromagnetväljade põhialused, Maxwelli võrrandid ja lainelevi (kordamine). Antennide alused – kiirgamise mehhanism, suunategur, polarisatsioon.
Kuupäev 01.09.26

Õppija tegevused:
kontakttunnis – osalemine loengus.
peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, esimese kodutööga alustamine.

Nädal 2

Antennide parameetrid
Antennide parameetrid: võimendus, suunategur, kasutegur, ribalaius Antenni impedants, antenni sobitamine ja seisulaineteguri mõiste.
Kuupäev 08.09.26

Õppija tegevused:
kontakttunnis – osalemine loengus.
peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, esimese kodutööga jätkamine.

Nädal 3

Dipool-, monopool- ja raamantennid
Dipool- ja monopoolantennid, nende ehitus, omadused ja rakendused. Elektriliselt väike- ja suur raamantenn, selle omadused ja rakendused.
Kuupäev 15.09.26

Õppija tegevused:
kontakttunnis – osalemine loengus.
peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, esimese kodutööga jätkamine. Eksamiprojekti teema esitamine.

Nädal 4

Planaarantennid
Planaarantennide (*patch antenna*) ehitus ja rakendused, nende kasutamise eelised, piirangud ja parameetrid. Sobitamine ja ribalaiuse suurendamine.
Kuupäev 22.09.26

Õppija tegevused:
kontakttunnis – osalemine loengus.
peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, esimese kodutöö esitamine.

Nädal 5

Yagi-Uda ja logoperioodilised antennid

Passiivsed elemendid, antennivõre mõiste. Yagi-Uda antenni ehitus, omadused ja rakendused, võimenduse sõltuvus elementide arvust ja paigutusest, dipool- ja raam kui antennielemendid. Logoperioodiliste antennide suur ribalaius ja muud omadused ning rakendused.

Kuupäev 29.09.26

Õppija tegevused:

kontakttunnis – osalemine loengus.

peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, teise kodutööga alustamine. Eksamiprojekti disaini esitamine.

Nädal 6

Lainejuhid

Lainejuhtide tüübid, omadused ja parameetrid. Dielektrilised lainejuhid, fiiberoptilised kaablid

Kuupäev 06.10.26

Õppija tegevused:

kontakttunnis – osalemine loengus. Esimese praktikumi sooritamine.

peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, teise kodutööga jätkamine.

Nädal 7

Lainelevi lainejuhis

Moodid, lainejuhi lõikesagedus, dispersioon lainejuhis. Lainejuhtide rakendused.

Kuupäev 13.10.26

Õppija tegevused:

kontakttunnis – osalemine loengus.

peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, teise kodutööga jätkamine.

Nädal 8

Apertuurantennid

Apertuuri mõiste, paraboolantenn, selle ehitus ja rakendused satelliitsides. Ruuporantennid, omadused, ehitus ja rakendused. Piluantennid (*slot antenna*), Babineti' printsiip.

Kuupäev 20.10.26

Õppija tegevused:

Enne kontakttundi: Esimese praktikumi aruande esitamine

kontakttunnis – osalemine loengus. Teise praktikumi sooritamine.

peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, teise kodutöö ja eksamiprojekti simulatsioonide esitamine.

Nädal 9

Antennivõred

Antennivõrede alused, võretegur, konstruktiivne- ja destruktiivne interferents. Lineaarsed-, planaarsed- ja ringvõred.

Kuupäev 27.10.26

Õppija tegevused:

kontakttunnis – osalemine loengus.

peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, kolmanda kodutööga alustamine.

Nädal 10
Suunadiagrammi formeerimine
Faasivõre ja selle suunadiagrammi formeerimine. Tüürvektori mõiste.
Kuupäev 03.11.26

Õppija tegevused:
Enne kontakttundi: Teise praktikumi aruande esitamine
kontakttunnis – osalemine loengus. Kolmanda praktikumi sooritamine.
peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, kolmanda kodutööga jätkamine. Eksamiprojekti lõpliku disaini esitamine.

Nädal 11
Friisi valem
Lainelevi tühjas ruumis, Friisi valem ja radari valem. Lingi bilanss ja selle komponendid: saatevõimsus, antennide võimendused, kaod ja vastuvõtja tundlikkus. Mürategur, signaal- müra suhe SNR ja lingi varu.
Kuupäev 10.11.26

Õppija tegevused:
kontakttunnis – osalemine loengus.
peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, kolmanda kodutööga jätkamine.

Nädal 12
Raadiolainete levi üldised alused
Raadiolevi viisid, lainete peegeldumine, murdumine, difraktsioon ja hajumine. Lainelevi tühjas ruumis, võimsuse pöördvõrdeline sõltuvus kaugusest. Pinnalaine, ruumilaine ja ionosfäärist peegeldunud laine.
Kuupäev 17.11.26

Õppija tegevused:
Enne kontakttundi: Kolmanda praktikumi aruande esitamine
kontakttunnis – osalemine loengus. Neljanda praktikumi sooritamine.
peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, kolmanda kodutöö esitamine.

Nädal 13
Atmosfääri- ja keskkonna mõju lainelevile
Atmosfääri mõjud, lainelevi ionosfääris- ja troposfääris. Lainelevi erinevates keskkondades: õhus, vees, pinnases ja ehitusmaterjalides. Pinnavormide ja ilma mõju lainelevile.
Kuupäev 24.11.26

Õppija tegevused:
kontakttunnis – osalemine loengus.
peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, neljanda kodutööga alustamine.

Nädal 14
Levimudelid reaalses keskkonnas
Kahekiireline levimudel, levimudelid linnakeskkonnas, Hata ja Okumura ja COST-231mudelid. 5G kanali mudel.
Kuupäev 01.12.26

Õppija tegevused:
Enne kontakttundi: Neljanda praktikumi aruande esitamine
kontakttunnis – osalemine loengus. Viienda praktikumi sooritamine.
peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, neljanda kodutööga jätkamine.

Nädal 15

Lainelevi siseruumides

Levimudelid siseruumides kasutamiseks, täiendavad kaod. Aeglane- ja kiire feeding, mitmekiireline levi

Kuupäev 08.12.26

Õppija tegevused:

kontakttunnis – osalemine loengus.

peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, neljanda kodutööga jätkamine.

Nädal 16

Mürad antennides ja ülekandeliinides

Soojusmüra, müratemperatuur. Antenni mürad, vastuvõetud- ja omamüra kaotakistusel. Kaskaadi mürategur

Kuupäev 15.12.26

Õppija tegevused:

Enne kontakttundi: Viienda praktikumi aruande esitamine

kontakttunnis – osalemine loengus.

peale kontakttundi: Iseseisev töö materjalidega, neljanda kodutöö esitamine.