

Eesti Lennuakadeemia TOIMETISED

Artiklite ja uurimistööde kogumik

Ülenurme 2015

© Eesti Lennuakadeemia 2015

Toimetaja Carmen Ruus

Trükk Paar OÜ

ISSN 2228-2459

EESSÕNA

Hea lugeja, akadeemia toimetiste 2015. a väljaandes toome Sinuni sellel aastal käsitletud uurimistööde teemadest aktuaalsemad ja huvitavamad.

Möödunud aasta on olnud akadeemias sisutihe nii õppe- kui ka arendustöös. Akrediteerimine on lõpule viidud ning akadeemiale on omistatud EKKA (Eesti Kõrg- ja Kutsehariduse Kvaliteediagentuur) kvaliteedimärk. Selle tunnustuse hoidmiseks ja järgmiste eesmärkideni jõudmiseks peame tõsiselt kaaluma igat võimalust, et anda oma panus Eesti lennunduse arendustöösse. Rakendus-kõrgkooli roll on olla ettevõtete partner erialase innovatsiooni saavutamisel rakendusuuringute abil. Lennundusalased rakendusuuringud Eesti lennunduse kontekstis ei peaks selle eessõna autori arvates olema liialt fundamentaal-teaduslikud, vaid keskenduma praktiliste probleemide lahendamisele, kasutades ära kõrgkooli ja ettevõtete ühist teadmuspotentsiaali.

Akadeemia toimetiste selleaastast väljaannet üle vaadates on hea tõdeda, et enamik kajastatud uurimis- ja lõputöid ning artikleid on oma olemuselt praktilise suunitlusega. Käsitletakse uusi valdkondi lennunduses ja analüüsitakse mitmeid aktuaalseid probleeme. Uurimistööde tulemusena tuuakse välja võimalikke parenduskohti ja uusi protseduure nii ettevõtte kui ka riigi tasandil.

Loodan, et iga uue akadeemia toimetiste väljaandega anname lugejale positiivse sõnumi ning kindlustunde, et akadeemia on hea partner lennundus-alases arendustöös.

Head koostööd ja meeldivat lugemist.

Jaanus Jakimenko (MBA)

Rector

SISUKORD

ÜLIÕPILASTE LÕPU- JA UURIMISTÖÖD	6
LENNULIIKLUSTEENINDUS	7
M. Õun Mehitamata õhusõidukite käitamine ning riskianalüüs Tallinna lähialas.....	9
K. Roopärg Kaardirakendus mehitamata õhusõiduki käitajatele	19
A.-L. Tuusis Mehitamata õhusõidukite süsteemide testimiseks vajaliku õhuruumi loomine Tartu lennuvälja läheduses.....	25
S. Rumjantsev Lennujuhtimisprotseduurid mehitamata õhusõiduki süsteemide käitamiseks liikluslalal ning lähi- ja lähenemisalas Tartu lennujaama põhjal	32
LENNUNDUSE SIDE- JA NAVIGATSIOONISÜSTEEMIDE KÄITAMINE	38
V. Vooremäe Eriolukordade plaani jaoks kontrollkaartide koostamine Lennuliiklusteeninduse ASi sidetehnika osakonnale.....	40
O. Heiskonen Maapealse tugijaamaga satelliitmaandumissüsteem Tallinna lennujaamas.....	43
A. Saarik Lennureisijate broneeringuinfo töötlemise privaatsusriskid ja isikuandmete kaitsemeetmed.....	47
ÕHUSÕIDUKI JUHTIMINE.....	50
M. Gill Eesti lennuakadeemia üliõpilaste isiksuseomaduste ja õpitulemuste vaheliste seoste uurimine.....	53
L. Lükk Maapealsete jäätörjevahendite kasutamine Eesti lennunduses	57
M. Orumaa Terminite ühtlustamise vajadus purilennundust käsitlevates regulatsioonides.....	62
K. Puksand Lainelise esiserva mõju tiiva aerodünaamikale	67
LENNUNDUSETTEVÕTTE KÄITAMINE	73
M. Kõima Estonian Airi lennuplaani optimeerimine põhiliinide ulatuses...	76

M. Järve Erivajadustega reisijate teenindamise parendamine Tallinna lennujaamas.....	82
D. M. Muru Väsimusriskijuhtimissüsteemi rakendusplaani väljatöötamine ASis Panaviatic	86
H. Vanatoa Lennuki biokütuse tootmisvõimalused vetikate baasil eestis...	91
ÕHUSÕIDUKI EHITUS JA HOOLDUS	95
M. Lihulinn Kolbmootori Saito FG-57t töökindluse suurendamine	97
P. Tänav Termoreaktiivsete polümeeride viskoossuse määramine kõvenemisel eritakistuse mõõtmise meetodil	102
P.-P. Kruuv Elektriliinide inspekteerimiseks mõeldud mehitamata õhusõiduki aerodünaamika analüüs.....	108
ÕPPEJÕULT	114
N. Andresen Ülevaade lennuliikluse insener-tehnilise personali koolitamisest.....	115
J. Krusealle, P. Pajuste, A. Valdas Majanduse ja ettevõtlusõppe kaasajastamine ja arengusuunad Eesti Lennuakadeemias	122
J. Jakimenko, S. Vanker, L. Nuut Eesti Lennuakadeemiasse 2013. – 2015. a vastu võetud üliõpilaste profiili muutused sisseastumise infosüsteemi (SAIS) andmete põhjal	127
J. Mölter Arengud ohutusjuhtimises	136

ÜLIÕPILASTE LÕPU- JA UURIMISTÖÖD

LENNULIIKLUSTEENINDUS

SAATEKS

Oleme tunnistajaks olukorrale, kus järjekordne tehnoloogia areng sunnib arendama ka teisi valdkondi, antud juhul nii lennundusregulatsioone kui lennuliikluse korraldust. Kaugjuhtimisega õhusõidukite süsteemide (RPAS – *remotely piloted aircraft systems*) kasutamine tsiviiltegevustes on oluliselt kasvamas nii maailmas kui ka Eestis. Õhusõidukite tsiviilkasutus eeldab aga juurdepääsu üldkasutatavale õhuruumile, sobivate lennuprotseduuride loomist. Ohutuks RPASiga opereerimiseks peab olema tagatud andmevahetus ja suhtlus nii lennuliiklusteeninduse üksustega kui teiste õhusõidukitega. Vaatamata senistele saavutustele vajavad mitmed probleemid veel uurimist, et RPASid suudaks integreeruda ATM-protseduuridega.

Euroopa lennunduse ja RPAS-valdkonna huvigrupid on koostanud Euroopa Komisjoni ülesandel spetsiaalse dokumendi – deklaratsiooni¹ tsiviilkäitajate poolt opereeritavate kaugjuhitavate õhusõidukite süsteemide ohutuks integreerimiseks Euroopa lennundussüsteemi. Kokkuvõtvalt seisneb selle dokumendi sõnum selles, et edasiste arendustegevuste korraldamisel ja RPAS opereerimise võimaldamiseks tavaõhuruumis on vaja tasakaalustatult ja samaaegselt tegelda kõigi oluliste valdkondadega, nii regulatsioonidega, käitamisprotseduuridega kui tehnoloogiliste probleemidega.

Eesti lennunduse valmisolek RPAS-tehnoloogia arendamiseks, kasutuselevõtuks ja ATMi tavaoperatsioonidega integreerimiseks on lootustandev. Vabariigi Valitsuse julgeolekukomisjon otsustas 3. märtsil 2014. a toimunud istungil toetada ideed luua Eestisse kaugjuhtimisega õhusõidukite süsteemide testimise ja demonstratsioonikeskus. Potentsiaalse akadeemilise partnerina nähti Eesti Lennuakadeemiat. Akadeemias loodud töörühm koostas septembriks 2014 teostatavusanalüüsi kaugjuhtimisega õhusõidukite süsteemide testimis- ja demonstratsioonikeskuse loomiseks Eestis, Tartu lennuväljal. Töörühma kuulusid töörühma juht Jaan Tamm ja liikmed Karl-Eerik Unt, Nele Andresen, Anu Vare, Heikki-Tapani Kesikikuru, Tanel Kulbas, Mariliis Õun.

Teostatavusanalüüsi koostamise käigus jõudsimme mitmete edaspidist lahendamist vajavate teemade püstitamiseni. Nendest teemadest kujunesid ka neli lennuliiklusteeninduse eriala lõputööd. Käesolevas kogumikus on võimalik tutvuda RPAS-teemaliste lõputööde põhjal koostatud artiklitega. Mariliis Õuna lõputöö „Mehitama õhusõidukite käitamine ning riskianalüüs Tallinna lähialas“ tunnistati lennuakadeemia 2015. aasta parimaks lõputööks.

Anu Vare

Lennuliiklusteeninduse osakonna juhataja

MEHITAMATA ÕHUSÕIDUKITE KÄITAMINE NING RISKIANALÜÜS TALLINNA LÄHIALAS

MARILIIS ÕUN

Juhendaja Marika Kisand, konsultant Kea Toi

Märksõnad: RPAS, mehitamata õhusõiduk, Tallinna lähiala, riskianalüüs, ICAO riskihindamise maatriks

Sissejuhatus

Mehitamata õhusõidukite suurenenud kättesaadavuse ja odavnenud hindade tõttu on hüppeliselt kasvanud nende kasutamine Eestis ning seetõttu soovitakse järjest rohkem lennata ka Tallinna lähialas, kus lennujaama ja linna vahetu lähedus seab mehitamata õhusõidukite tegevuseks ranged piirid. Hetkel on lähialas mehitamata õhusõidukite käitamise koordineerimine Lennuametiga kasvava taotluste hulga tõttu järjest rohkem aeganõudev. Ohutuse tagamiseks tuleb iga lennuoperatsioon kooskõlastada Lennuameti ning nende vahendusel vajadusel ka Lennuliiklusteeninduse ASiga ning selgitada välja taotletud ala sobilikkus külgpiiride ning kõrguspiirangu näol. Iga taotluse puhul hinnatakse antud operatsiooni ohutust individuaalselt.

Antud lõputöö eesmärk on ettepanekute tegemine Tallinna lähialas mehitamata õhusõidukite hajutamiseks mõeldud ohutute ja sobivate hajutusmeetodite loomiseks. Lõputöö tulemus tagab lihtsustatud ja ohutuks hinnatud võimaluse mehitamata õhusõidukite käitamiseks Tallinna lähialas. Samuti väheneb koordineerimise ehk taotluste käsitlemiseks kuluv aeg.

Metoodika

Uurimustöö praktilises osas töötas autor välja erinevates riikides kasutusel olevate hajutusmeetodite või tavalikkuse hajutamise põhimõtetel tuginevad hajutusmeetodid mehitamata õhusõidukite hajutamiseks tavalikkusest Tallinna lähialas. Nimekiri Tallinna lähialasse sobivatest hajutusmeetoditest ei ole kindlasti lõplik. See on koostatud autori subjektiivse arvamuse põhjal ning üritab luua võimalikult mitmekülgse üldpildi võimalikest erinevatest hajutusmeetoditest. Ettepanekute tegemisel on arvesse võetud, et nende rakendamisel muutuks võimalikult vähe lennujuhi tööprotsess, ei tekiks lisakohustusi tavalikkusele ning mehitamata õhusõidukeid ei koormataks liialt palju kuluka ning kaalu lisava tehnikaga.



oodud kaheksa ettepanekut mehitamata õhusõidukite hajutamiseks tavalikkusest Tallinna lähialas on järgnevad:

1. Hajutamine *No-fly* tsooni ja lennuväljaringi abil
2. IFR ning VFR lennukõrguste suurendamine
3. Radarhajutus
4. Vähendatud vertikaalhajutus
5. Mehitamata õhusõidukite lend madalatel kõrgustel
6. Tuvasta ja väldi hajutusmeetod
7. Mehitamata õhusõidukite eritsoonid
8. Täielik integratsioon

Lisaks hajutusmeetodites toodule, on mehitamata õhusõidukite operaatorid seadme käitamisel Tallinna lähialas kohustatud järgima lisanõudeid:

- mehitamata õhusõiduki operaatoril peab olema võimalik lennujuhiga kontakteeruda (raadioside või telefoni teel),
- mehitamata õhusõiduki operaatoril peab olema pidev võimalus koheselt lendu sekkuda,
- lennutegevus tohib toimuda vaid VMC-ilma korral,
- mehitamata õhusõiduki operaatori tegevus peab olema eelnevalt kooskõlastatud ning selleks saadud Eesti Lennuameti luba.

Nende kaheksa hajutusmeetodi ohutuse ning sobivuse hindamiseks kogus ja analüüsis autor loodud hajutusmeetoditega otseselt kokku puutuvate osapoolte arvamusi. Hajutusmeetoditega otseselt kokku puutuvateks osapoolteks on Tallinna lähiala lähilennujuhid ning mehitamata õhusõidukite operaatorid Eestis, kes soovivad lennutada oma õhusõidukeid Tallinna lähialas. Saavutamaks võimalikult suurt vastajate hulka, kasutati uurimuse läbiviimiseks kombineeritud elektroonilist ankeeti. Võimalus ankeeti täita sai osaks kõigile 29-le Tallinna lähilennujuhile ning 11-le mehitamata õhusõiduki operaatorile palvega jagada ankeeti ka teistele sobivatele vastajatele. Uuringus osalemine oli vabatahtlik ja kogu valimiks kujunes 19 inimest, kellest 11 olid lennujuhid ja 8 olid mehitamata õhusõidukite operaatorid.



Tagamaks analüüsi tulemuste esitamise sellisel kujul, et neist oleks lihtne aru saada nii lennundusliku taustaga lugejatel kui ka muul sihtgrupil, ning oleks võimalik võrrelda tulemusi muude riskianalüüsidega, tuli valida analüüsi-

meetodiks riskihindamise mudel, mis on piisavalt lihtne ja loogilise ülesehitusega, kuid erialaselt laialdaselt kasutuses. Antud uurimuses võrreldi riskihindamise mudeli leidmiseks kolme erinevat lennunduses kasutusel olevat meetodit: ARMS riskihindamise meetod, kohandatud numbriline riskihindamissüsteem ja ICAO riskihindamise maatriks.

Kõige sobilikumaks osutus ICAO riskihindamise maatriks, kus riskid on jagatud oma ohu astmelt kahekümne viieks riskikoodiks, mis paigutuvad kolme alagruppi (punane – kõrge risk, kollane – keskmine risk, roheline – madal risk). ICAO riskihindamise maatriksit (Joonis 1) kasutati ankeedis kvalitatiivsete andmete kogumiseks. Kvantitatiivsed andmed koguti avatud küsimustega.

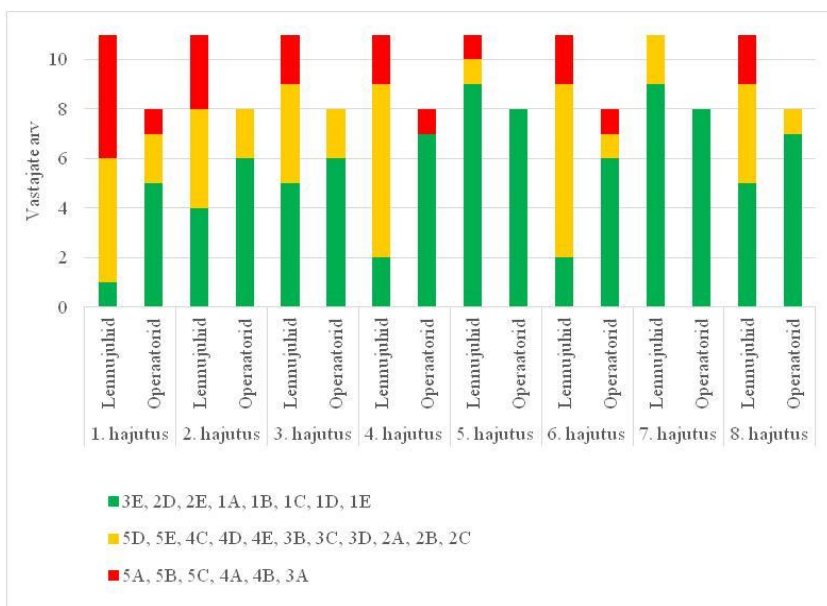
Riski tõenäosus	Riski tõsidus				
	Katastroofiline A	Ohtlik B	Ohuline C	Väheohuline D	Ebaohuliselt väike E
Väga sage 5	5A	5B	5C	5D	5E
Sage 4	4A	4B	4C	4D	4E
Harv 3	3A	3B	3C	3D	3E
Ebatõenäoline 2	2A	2B	2C	2D	2E
Võimatu 1	1A	1B	1C	1D	1E

Joonis 1. ICAO riskihindamise maatriks (Doc 9859 2013: 2-29) (autori tõlge)

Analüüs ja tulemused

Uuringu käigus läbi viidud ankeetküsitluse tulemustele toetudes koostati riski- ja sobivusanalüüs. Antud ülevaates on väljavõttena toodud mõned olulisemad tulemused.

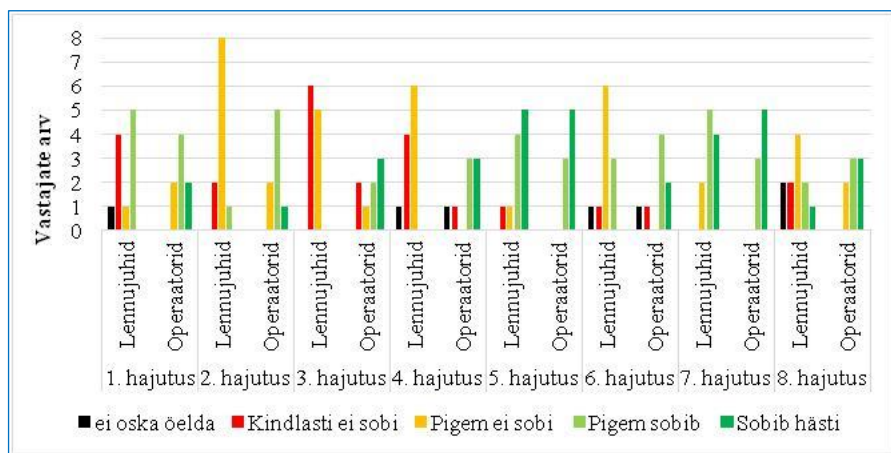
Alloleval joonisel 2 on toodud välja vastajate hinnang hajutusmeetodite riskidele teisendatuna ICAO riskihindamise maatriksi kolmevärvilisse vormi. Andmeanalüüsist selgus, et suurimat riski nähakse esimese, neljanda ja kuuenda hajutusmeetodi puhul, väiksema riskiga hajutusmeetodid on viies ning seitsmes. Sealjuures tasub märkida, et seitsmes hajutus ei saanud ühegi vastaja poolt hinnatud punase värvikoodiga tähistatud ehk kõrge riski vääriliseks. Vastavalt värvikoodidele omistatud arvuliste väärtuste (roheline – 1, kollane – 2, punane – 3) analüüsile toodi välja, et kõikidel juhtudel on hajutusmeetodeid riskantsemaks hinnanud lennujuhid ja vähemriskantsemaks mehitamata õhusõidukite operaatorid. Keskmine operaatorite poolne hinnang hajutusmeetodite riskile oli 1,2; lennujuhtide keskmine hinnang oli 32% kõrgem ehk 1,77 ja üldine keskmine hinnang oli 1,53.



Joonis 2. Hajutusmeetodite riskide hinnang ICAO riskimaatriksi põhjal lennujuhtide ja operaatorite lõikes (autori joonis)

Ohu tajumise seisukohast on oluline võrrelda mehitamata õhusõidukite operaatorite hinnanguid hajutusmeetodite riskidele sõltuvalt operaatorite koolitusest lennundusvaldkonnas. Mehitamata õhusõidukite operaatorid, kellel on lennundusala haridus ja/või kehtiv piloodiluba, hindavad hajutusmeetodite riske keskmiselt 24% võrra kõrgemateks kui vastava koolitusega mehitamata õhusõidukite operaatorid. Seega mõjutavad mehitamata õhusõidukite operaatorite poolt hajutusmeetodite riskidele antavaid hinnanguid lennundus-alase koolituse raames omandatud ohutuse ning riskijuhtimise alased teadmised.

Hajutuse sobivuse hinnanguid analüüsid selgub, et sobivaimateks hajutusmeetoditeks Tallinna lähialas rakendamiseks on vastajate arvates viies ja seitsmes hajutusmeetod (Joonis 3) ehk mehitamata õhusõidukite lend madalatel kõrgustel või piiratud alades. Kõige vähemsobivateks hinnati esimest, kolan-dat ja neljandat hajutusmeetodit. Esimese ja neljanda hajutusmeetodi puhul on ebasobivus tingitud tõenäoliselt hajutusmeetodi kõrge riskist. Kolmanda hajutusmeetodi ehk radarhajutuse ebasobivus on lennujuhtide arvates tingitud sellest, et antud hajutusmeetodi rakendamisel kaasneksid suured muudatused lähilennujuhtide töös, sest hetkel ei ole lähialas kasutusel radarit.



Joonis 3. Hajutusmeetodite Tallinna lähialasse sobivuse hinnang lennujuhtide ja operaatorite lõikes (autori joonis)

Analüüsides operaatorite hinnanguid hajutusmeetodite sobivusele sõltuvalt vastajate lennundusalase koolituse olemasolust selgub, et lennundusalase hariduseta ja/või kehtiva piloodiloata operaatorid peavad hajutusmeetodeid keskmiselt 13% sobivamateks võrreldes teiste vastajatega.

Hajutusmeetodi kasutusele võtmiseks on oluline, et see oleks võimalikult väikese riskiga ja samas võimalikult suure sobilikkusega ehk ühe hajutusmeetodi kahe analüüsitava hinnangu vahel oleks negatiivne korrelatsioon. Erinevate hajutusmeetodite riskide ja sobivuste keskmiste korrelatsioonid on toodud Tabelis 1. Väga tugev negatiivne korrelatsioon on täheldatav esimese ja neljanda hajutusmeetodi puhul. Negatiivne korrelatsioon on tugev teise, viienda ja kuuenda hajutusmeetodi puhul. Ülejäänud hajutusmeetodite juures esineb nõrk negatiivne korrelatsioon riskide ja sobivuste vahel. Korrelatsioonide alusel osutub kõige sobivamaks hajutusmeetodiks viies hajutus, sest selle risk on hinnatud madalaks ning korrelatsioonikordajat $-0,68$ arvestades on hajutus hinnatud hästi sobivaks. Positiivse korrelatsiooni puudumine on heaks indikaatoriks, et ühegi hajutuse puhul ei ole tekkinud olukorda, kus vastajad hindavad selle ohtlikuks, kuid hästi sobivaks, mis on äärmiselt suur risk ohutusele.

Tabel 1. Korrelatsioonid hajutusmeetodite riskide ja sobivuste keskmiste hinnangute vahel (autori tabel)

Hajutused							
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
-0,85	-0,62	-0,28	-0,76	-0,68	-0,69	-0,44	-0,33

Kvalitatiivsete andmetena koguti vastajate ettepanekuid hajutusmeetoditega kaasnevate riskide maandamiseks. Hajutusmeetodite riskide maandamise ettepanekute tegemise võimalust kasutasid aktiivsemalt lennujuhid. Ettepanekuid tehti seitsme hajutusmeetodi kohta, jättes kommentaarideta vaid viienda hajutusmeetodi.

Riskide maandamiseks pakkusid lennujuhid välja järgmisi ettepanekuid:

- mehitamata õhusõidukite käitamise keelamist lennuvälja vahetus läheduses või lennuväljast ida-lääne suunal 7 NM kaugusel;
- mehitamata õhusõidukite pilootide koolitamist raadioside, lennureeglite ja lennundusseaduse alal;
- mehitamata õhusõidukite käitamise ajutist peatamist IFR-liikluse olemasolu korral;
- mehitamata õhusõidukitele asukohaettekannete tegemise kohustuslikuks muutmist adekvaatse liiklusinfo andmiseks;
- mehitamata õhusõidukitele opereerimiseks mõeldud alade kandmist VFR-kaardile;
- mehitamata õhusõidukite opereerimiseks loodud kaartide väljatöötamist ning sinna erinevate, rohkem tähelepanu või suuremat ohtu kujutavate alade pealemärkimist;
- ohutusanalüüsi läbiviimist ja piirangute seadmist samal ajal lähialas viibivate mehitamata õhusõidukite arvule.

Lähtudes läbi viidud riskianalüüsist ja kvalitatiivsete andmete analüüsist teeb autor ettepaneku mehitamata õhusõidukitele sobivate lennualade loomiseks Tallinna lähialasse, mille kasutamine vähendaks koordineerimise keerukust ja selleks kuluvat aega. Samuti teeb autor ettepaneku lubada eelneva koordineerimiseta käitada mehitamata õhusõidukeid Tallinna lähialas madalatel kõrgustel väljaspool instrumentaallähenemissektorit ja lennuväljaringi. Ohutuse saavutamiseks on vajalik selgitada välja kaugus operaatorist, mille raadiuses asuvast kõrgeimast ehitisest maksimaalne lennukõrgus valitakse.

Mehitamata õhusõidukite käitamiseks kontrollitud õhuruumis, sealhulgas ka Tallinna lähialas tuleks luua mehitamata õhusõidukite operaatoritele mõeldud kaardid, millel oleks neile vajalik ohutusalane teave ja piirangud.

Tulenevalt seosest mehitamata õhusõidukite operaatorite lennunduslase koolituse ning hajutusmeetodite riskide ja nende sobivuse vahel ning lennujuhtide ettepanekutest teeb autor ettepaneku koostada mehitamata õhusõidukite operaatoritele lennunduslase koolitus, mille üheks osaks oleks kindlasti riskijuhtimise süsteemi tutvustamine lennunduses.

Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärgiks oli anda ülevaade mehitamata õhusõidukite käitamisega seonduvatest regulatsioonidest Eestis ja välismaal, teha hajutussepanekuid mehitamata õhusõidukite käitamiseks Tallinna lähialas ja viia läbi nende riski- ja sobivusanalüüs.

Käesoleva lõputöö raames valmis põhiliselt ICAOle ja Eurocontrolile tuginedes kaheksa hajutussepanekut mehitamata õhusõidukite käitamiseks Tallinna lähialas ning nende hindamiseks koostati riski- ja sobivusanalüüs. Andmete kogumiseks loodud ICAO riskimaatriksil põhinevale elektroonilisele kombineeritud ankeedile vastas kaheksa mehitamata õhusõiduki operaatorit ja üksteist lennujuhti ning kogutud informatsiooni baasil koostati riski- ja sobivusanalüüs.

Analüüsi käigus selgusid kaks kõige ohutumat ja sobivamat hajutusmeetodit mehitamata õhusõidukite käitamiseks Tallinna lähialas. Nendeks on mehitamata õhusõidukite lend eraldatud alades ja lend madalatel kõrgustel. Koordineerimisprotsessist tuleneva aja- ja töökulu vähendamiseks sobiks eelneva koordineerimise kaotamine mehitamata õhusõidukite lennul madalatel kõrgustel väljaspool instrumentaallähenedissektorit ja lennuväljaringi. Analüüsist selgus samuti, et lennundushariduseta ja/või kehtiva piloodiloata mehitamata õhusõidukite operaatorid hindavad mehitamata õhusõidukite käitamisega seotud riske madalamateks kui vastava hariduse või piloodiloaga vastajad. Sellest tulenevalt tuleks luua mehitamata õhusõiduki operaatoritele võimalus lennundusalaseks koolituseks.

Edaspidiseks sügavamaks uurimiseks tuleks kaasata lisaks veel seotud osapooli (muud õhuruumi kasutajad) ning kitsendada antud teemat põhjalikumalt analüüsi saavutamiseks. Teema põhjalikumaks uurimiseks tulevikus on oluline analüüsida hajutussepanekuid ka sõltuvalt mehitamata õhusõidukite erinevatest parameetritest. Samuti vajavad edaspidist uurimist mehitamata õhusõidukite käitamine IMC-tingimustes, mehitamata õhusõidukite täielik integreerimine kontrollitud õhuruumi, Tallinna lähiala õhuruumi läbilaskevõime mehitamata õhusõidukite seisukohast ning mehitamata õhusõidukite operaatoritele lubade ja koolituste loomise vajadus ja nende sisu.

M. Õun. *Mehitamata õhusõidukite käitamine ning riskianalüüs Tallinna lähialas: lõputöö, juhendaja Marika Kisand, konsultant Kea Toi. Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.*

Kasutatud kirjanduse nimekiri sisaldab 21 allikat.

SUMMARY

RPAS OPERATIONS AND RISK ANALYSIS IN TALLINN CONTROL ZONE

Key words: RPAS, unmanned aerial vehicle, Tallinn control zone, risk analysis, ICAO risk assessment matrix

This graduation thesis focuses on the problems regarding the integration of unmanned aerial vehicles into national airspace on the example of Tallinn control zone. The number and use of unmanned aerial vehicles has soared during the last couple of years both globally and in Estonia. At the same time there is a lack of universal rules regarding unmanned aerial vehicles. International guidance materials give the local authorities possibilities and responsibility to regulate the usage of lighter unmanned aerial vehicles nationally. Most of the countries have set a strict series of limitations until the final development of the rules. Estonia has followed the same pattern and flying an unmanned aerial vehicle in controlled airspace requires an authorization from local Civil Aviation Administration.

The aim of this thesis is to suggest suitable separation methods to separate unmanned aerial vehicles from other traffic in Tallinn control zone and analyze them from the perspective of risk and suitability. With the development of suitable separation methods the safety and flying conditions will improve and the coordination process will simplify.

Based on the research as discussed in the paragraphs above, the author has drawn the following main conclusions:

- The safest and most suitable methods for separating unmanned aerial vehicles in Tallinn control zone are allowing their flights in low altitudes and in separated areas.
- Operating unmanned aerial vehicles in Tallinn control zone at low altitudes away from traffic circuit and approach safety area should be made possible without prior coordination.
- Unmanned aerial vehicle operator theory course should be designed and made available for operators to acquire the knowledge of the topic.
- The maps with the necessary information for unmanned aerial vehicle operators should be designed.

On the basis of the research completed within this thesis, the author concludes that further investigation into this topic should be conducted in the following areas: separation of unmanned aerial vehicles based on their weight, type or level of autonomy; separation of unmanned aerial vehicles in IMC conditions; development of training licenses for unmanned aerial vehicle operators; full integration of unmanned aerial vehicles into national airspace system; and the capacity of unmanned aerial vehicles in Tallinn control zone.

KAARDIRAKENDUS MEHITAMATA ÕHUSÕIDUKI KÄITAJATELE

KAAREL ROOPÄRG

Juhendaja Anu Vare, konsultant Tõnis Jürimäe

Märksõnad: mehitamata õhusõidukite käitamine, interaktiivne õhuruumi kaardirakendus

Sissejuhatus

Viimastel aastatel on tehnoloogia odavnemise ja kaugjuhitavate õhusõidukite arendamise tõttu varem vaid sõjaväe otstarbeks kasutatavad mehitamata õhusõidukid jõudnud tavakasutajate kätte. Mehitamata õhusõidukite kasutusvaldkond on tunduvalt suurenenud: mehitamata süsteeme kasutatakse fotoning videojäädvustamiseks, põllumajanduses väetise jaotamiseks, elektriliinide jm raskesti ligipääsetavate objektide seisukorra kontrollimiseks, päästetööde teostamisel, hobilennunduses jne. Mehitamata õhusõidukite kasutamine on üha arenev valdkond ning pakub võimalust uute töökohtade loomiseks ning majanduskasvuks.

Euroopa Ülemnõukogu 19. detsembri 2013. aasta kohtumisel kutsuti tarvitusele võtma meetmeid, mis võimaldaksid alates 2016. aastast alustada kaugjuhitavate õhusõidukite süsteemide järkjärgulist integreerimist tsiviillennundusega seotud õhuruumi. Kuna tegemist on kõigile avatud ning ühtse õhuruumiga, peab olema tagatud ohutus nii mehitamata õhusõidukite käitajate kui ka mehitatud õhusõidukitega lendavate isikute suhtes. Ohutuse tagamiseks on Eesti Lennuameti peadirektor kehtestanud määruse mehitamata õhusõidukite käitajatele, mille järgi peab enne lennutegevuse algust taotlema loa Lennuametilt. Selline lahendus tagab, et kõik osapooled, kes võivad üksteist oma lennutegevusega mõjutada, on teavitatud ning mehitamata õhusõidukite käitamiseks eraldatakse ala NOTAM-teatega.

Praktiliselt on kontrollitud õhuruumis lendamiseks vajalik teha Lennuametile enne igat käitamise korda vähemalt kolm päeva varem taotlus, mis sisaldab käitamise kohta, aega ja soovitud kõrgust. Selline esmane lahendus toimib küll tänases olukorras, kuid üha suureneva lennutihedusega piirkonnas ning ühiskonna üha suureneva huviga mehitamata õhusõidukite käitamise vastu saabub mingi hetk aeg, kui ühekordsete lubade hulk kasvab nii suureks, et nende menetlemiseks kulub liialt kaua aega. Seega on vajalik mingil viisil protsessi automatiseerida või parendada. Üheks võimaluseks on mehitamata õhusõidukite käitamiseks alustajatele teha võimalikult lihtsaks õhuruumi

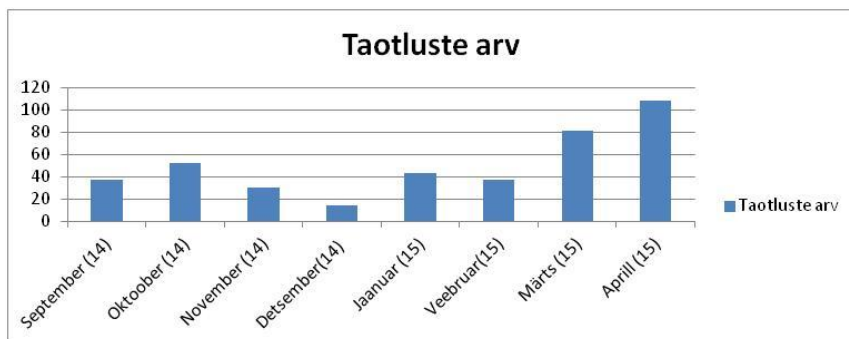
korraldusest arusaamine ning vajaliku informatsiooni leidmine. Teadlikkus õhuruumi korraldusest vähendab taotluste esitamist selliste õhuruumi osade kasutamiseks, kus ei saa käitamist lubada soovitud alal kehtivate piirangute tõttu.

Käesoleval ajal ongi tähelepanu hakatud pöörama mehitamata õhusõidukite käitajate teavitamisele ja koolitustele. Kindlasti on võimalik Eesti õhuruumi kohta infot leida iseseisvalt. Vajalik info on saadaval Lennuameti ning Lennuliiklusteeninduse AS-i lennuinfo-osakonna kodulehtedel. Samas annaks palju juurde õhuruumi erinevaid osi kujutav interaktiivne lahendus, mida oleks kerge jälgida ning millelt saaks vajaliku lisateavet erinevate õhuruumiosade kohta. Üheks võimaluseks on veebirakendus, mis lihtsalt ning arusaadavalt selgitaks õhuruumi struktuuri ning millel oleks olemas ka võimekus õhuruumiosade visualiseerimiseks Eesti aluskaardil.

Antud lõputöö eesmärk on teha eeltöö sellise keskkonna loomiseks ning koostada esimene interaktiivne testversioon sellisest rakendusest.

Sisu ja tulemused

Lõputöö raames toodi välja hetkel kehtivad seadused seoses mehitamata õhusõidukite käitamisega ning anti ülevaade mehitamata õhusõidukite käitamise korrast. Samuti toodi välja mehitamata õhusõidukite käitamiseks esitatud taotluste arv kuude lõikes alates Euroopa ühiste lennureeglite (SERA) kehtima hakkamisest (Joonis 1), millest võib järeldada, et mehitamata õhusõidukite käitamine on kasvutrendis.



Joonis 1. Taotluste esitamiste andmed 2014–2015

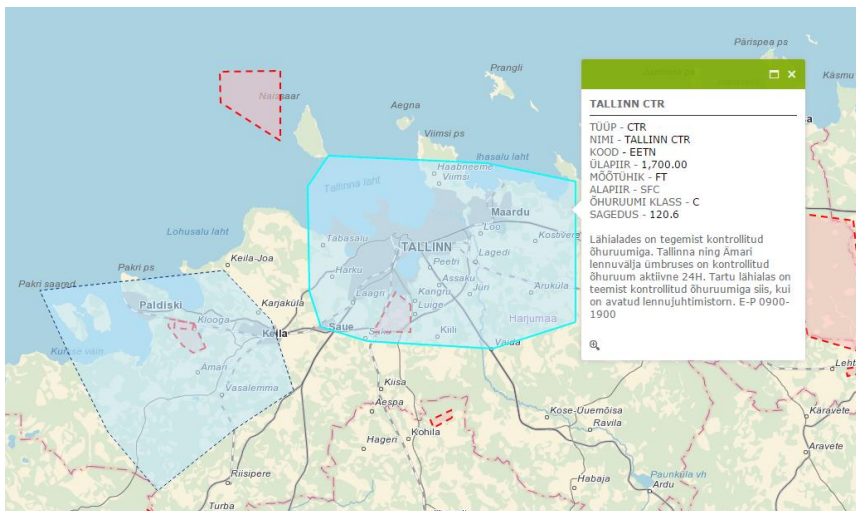
Lõputöö eesmärgi täpsustamisel kasutati küsitluse analüüsi. Küsitluse valimi moodustasid 22. jaanuaril ning 4. mail 2015 Eesti lennuakadeemia korraldatud täienduskoolitusel osalenud inimesed. Küsitlusega sooviti teada saada kuivõrd vajalikuks peavad mehitamata õhusõidukite käitajad võimalust interaktiivselt õhuruumi puudutavat infot hankida. Küsitluse tulemusena selgus, et Eesti õhuruumi hinnatakse üldjoontes arusaadavaks, kuid sellest ei saada aru piisava täpsusega. Suur huvi oli graafiliselt kujutatud NOTAM-teadete vastu, mis kindlasti oleks hea lahendus neile, kes eelnevalt ei ole õhuruumiga põhjalikult tutvunud. Kuna kõik küsimustikule vastanud olid siiski huvitatud interaktiivsest õhuruumi kujutavast kaardirakendusest, võib tulemustest kokkuvõtvalt järeldada, et sellisele rakendusele on olemas kasutajate sihtgrupp ning rakendus oleks vajalik.

Lõputöö raames koostati testrakendus, millega oli võimalus tutvuda multi-rootorite ja droonide foorumi kasutajatel ning küsitlusele vastanutel. Kaardikihtide info on saadud lennuinfo osakonnast gdb-formaadis failina. Saadud informatsioon pärineb Eesti uuest (28.05.2015) VFR-kaardi alusfailist ning saadud fail sisaldab infot kõigist Eesti õhuruumi osadest. Testrakenduses on kujutatud eraldiseisvate kaardikihtidena lähialad, lähenemisalad, lennuinfo-tsoonid, ohualad, piiranguaalad, tundliku faunaga alad, lennuväljad, purilennualad, langevarjunduse alad, militaaralad, madallennualad, lennuinfopiirkond ning maa-ameti fotokaart. Rakenduse testversiooniga on võimalik tutvuda järgnevalt lingilt:

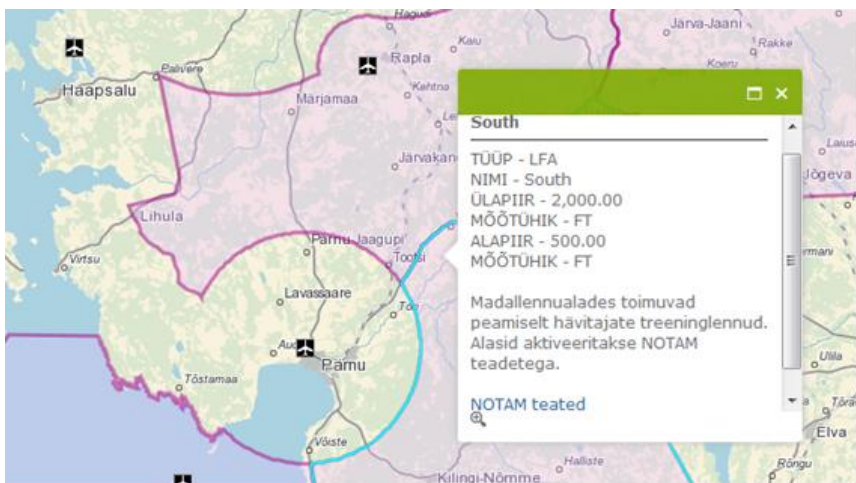
<https://www.arcgis.com/apps/Viewer/index.html?appid=5b562ab305d84316847c80ed44afbc57>

Koostöös Maa-ameti ning geoinfosüsteemide büroo peaspetsialisti Kristjan Liiviga arendati välja esialgne lahendus Maa-ameti kaardirakenduses. X-GIS süsteemis on kasutatud samasid lähteandmeid, mida kasutas töö autor ArcGIS Online süsteemis testrakenduse loomisel. Rakenduse loomisel on püütud samuti järgida VFR-kaardi kujundust ning kaardikihtide kujutamine on sarnane VFR-kaardil olevaga. Kuna tegemist on Maa-ameti testportaaliga, siis ei ole kaarti testimiseks avaldatud. Portaali pääsemiseks on vajalik kasutajanimi ning parool, mida haldab Maa-ameti infotehnoloogia osakond. Hetkel on rakenduses võimalik valida järgnevaid kihte: lennuinfopiirkond, lähenemisala, lennujuhtimise ala, lennuväljaliikluse tsoon, lennuinfotsoon, piiranguala, ajutiselt eraldatud ala, harjutus- ja treeningtsoonid, motoparaplaanide ala, langevarjuhüpete ala, purilennuala ning tundliku faunaga ala. Lisaks sellele on kujutatud VFR-kaardilt tuttavate sümbolitega eraldi kihina lennutakistused, mille hulka kuuluvad tuulejõujaamad, tuhamäed, korstnad ning ohutuledega

Lennutakistused. Rakenduses olevatel kihtidel on üldine informatsioon õhuruumi osa kohta: õhuruumi üla- ja alapiirid, õhuruumi klass, kasutatavad sagedused. Lennutakistuste kihil on informatsioonina ära toodud takistuste kõrgused. Joonistel 2 ja 3 on toodud ekraanipildid loodud kaardirakendusest.



Joonis 2. Õhuruumi osade kujutus



Joonis 3. Madallennualad, lennuväljad ja hüpinkaken

Kokkuvõte

Käesoleva lõputöö eesmärk oli kaasa aidata Eesti mehitamata õhusõidukite käitajatele suunatud interaktiivse rakenduse arendamisele, mille kaudu saaks alustav mehitamata õhusõiduki käitaja ülevaate õhuruumis toimuvast. Praegu Eestis sellist kaardirakendust ei ole, kus erinevaid õhuruumi osasid saaks kujutada eraldi kihtidena.

Autor leiab, et ohutuse, kvaliteedi ning kindla informatsiooniallikana loodav kaardirakendus peaks olema riikliku asutuse haldamisalas. Parim lahendus oleks koostöö Maa-ameti, Lennuameti ning Lennuliiklusteeninduse AS-i lennuinfo osakonna vahel. Sellise koostöö tulemusena on tagatud kaardikihtide algandmete õigsus riiklikul tasemel ning ühtse süsteemi kasutamine tagab rakenduse töökindluse.

Rakenduse üheks osaks oleks võimalus esitada lennuametile mehitamata õhusõiduki käitamise taotlus vastavalt soovitud alale. Selline võimalus teeb mehitamata õhusõidukite käitajatele rakenduse äärmiselt praktiliseks. Selliseks koostööks on aga vaja Lennuameti osalust. Kindlasti peaks olema üheks rakenduse osaks viited mehitamata õhusõidukite käitamisega seotud materjalidele Lennuameti kodulehel.

Lennuinfo osakonna ülesandeks on pidevalt uue ning ajakohase lennundusteabe jagamine Eesti õhuruumi kohta. Maa-ameti missiooniks on küll ühiskonna varustamine ajakohase informatsiooniga maapinna kohta, kuid väga hästi välja töötatud X-GIS rakendus on ideaalne lahendus Eesti õhuruumi informatsiooni jagamiseks. Kuna senine koostöö on testrakenduse loomisel näidanud, et lennunduskihtide kuvamine rakenduses on praktiliselt võimalik ning saab luua sarnast kujundust VFR-kaardiga, võib eeldada, et töötavat lahendust on võimalik luua Maa-ameti keskkonda.

K. Roopärg. *Kaardirakendus mehitamata õhusõiduki käitajatele:* lõputöö, juhendaja Anu Vare, konsultant T. Jürimäe. Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.

Kasutatud materjalide loetelu sisaldab 26 nimetust.

SUMMARY

MAP APPLICATION FOR UAV OPERATORS

Key words: operation of unmanned aerial vehicles, interactive map service

The primary purpose of this graduation thesis is to assist in laying the basis for the development of interactive map service designed for unmanned aerial vehicle (UAV) operators. The subject is relevant because the technology of remotely piloted aircraft systems has improved rapidly and is becoming more and more reliable for developing new services.

The author has carried out a survey to find out whether such interactive application would be practical and sought a solution for UAV operators. Also, the test map applications were developed to visualize the concept of dividing airspace into layers according to different characteristics and to gather feedback from UAV operators.

The present thesis consists of five parts. In Part 1 the author describes the availability of aeronautical information on Estonian airspace and the concepts of the Estonian aeronautical chart. In Part 2 the author describes the legislation related to UAV operations, current statistics and national procedures for operating UAVs. In the third part the author presents the results of the conducted survey. In the fourth part the author gives an overview of the possibilities of creating the test map application and describes the related process. In Part 5 the author provides recommendations and suggestions for creating a comprehensive solution and describes the current progress in X-GIS map server system of the Estonian Land Board.

In conclusion, this kind of comprehensive solution for creating an interactive map on a national scale must be based on cooperation between three national public authorities: the Land Board, the Estonian Civil Aviation Administration and the Aeronautical Information Management Department of the Estonian Air Navigation Services.

MEHITAMATA ÕHUSÕIDUKITE SÜSTEEMIDE TESTIMISEKS VAJALIKU ÕHURUUMI LOOMINE TARTU LENNUVÄLJA LÄHEDUSES

ANNE-LIIS TUUSIS

Juhendaja Tanel Kulbas, konsultant Anu Vare

Märksõnad: mehitamata õhusõiduki süsteem (RPAS), õhuruumi planeerimine, lennujuhtimisprotseduurid, Tartu lennuväli

Sissejuhatus

Mehitamata õhusõidukite kasutamine on kiiresti ja oluliselt kasvanud, neid saab rakendada väga erinevates olukordades. Ühelt poolt situatsioonides, kus tavalist mehitatud õhusõidukit oleks liiga ohtlik käitada, nagu näiteks rasketes ilmastikuoludes andmete kogumise lennud või ka lihtsates situatsioonides, kus pilooti ei ole otseselt vaja ning piisab vaid pardal olevatest infosalvestajatest. Selleks, et mehitamata õhusõidukid saaks integreerida vabalt meie õhuruumi koos tavalikliusega lendama, on neile vaja kehtestada käitamisreeglid. Mehitamata õhusõidukid on üsna uus nähtus ning selle tõttu puuduvad hetkel ühtsed Euroopa reeglid, kõik riigid tegelevad iseseisvalt oma regulatsioonide välja töötamisega. Kuna reeglite kehtestamisel ei saa toetuda vaid oletustele või üksikute käitajate kogemustele, siis oleks vaja ühtset keskust, kus testitakse erinevat tüüpi mehitamata õhusõidukeid erinevates olukordades, et lennuandmete analüüsi põhjal saaks koostada konkreetset regulatsiooni. Lisaks reeglite kehtestamisele on mehitamata õhusõidukite puhul vaja testida erinevaid tehnilisi süsteeme, mis on hetkel alles arendamise järgus ning mida on vaja, et mehitamata õhusõidukitel oleks võimalik lennata kontrollitud õhuruumis koos tavalikliusega.

2014. aastal koostati Vabariigi Valitsuse julgeolekukomisjoni tellimisel teostatavusanalüüs kaugjuhitavate õhusõidukite süsteemide testkeskuse loomiseks Eestisse. Analüüsi käigus jõuti järeldusele, et kõige sobivam testkeskuse asukoht oleks Tartu lennuvälja läheduses. Eesti testkeskuse esialgsed ideed on tutvustatud ka Brüsselis Euroopa Kaitseagentuuris ning antud teema on endiselt päevakohane. Täpsema testkeskuse jaoks vajamineva õhuruumi lahenduse väljatöötamine on järgmine samm testkeskuse arendamises.

Lõputöö tutvustab mehitamata õhusõidukite käitamist reguleerivaid normdokumente ning käimasolevaid arendusi. Töö eesmärgiks on pakkuda

välja sobiv piiratud õhuruum mehitamata õhusõidukite süsteemide testlendude sooritamiseks Tartu lennuvälja läheduses ning võimalikud muudatused Tartu lähialale, toetudes erinevatele riiklikele ja rahvusvahelistele norm-dokumentidele, tagades seejuures lennuohutuse parimal võimalikul viisil ja minimaalsed piirangud erinevatele huvigruppidele, arvestades ühtlasi õhuruumis toimuva lennutegevuse mõjuga ümbritsevale keskkonnale.

Sisu ja tulemused

Käesolev lõputöö on analüüs, mis põhineb dokumendianalüüsil ning ekspert-intervjuudel. Töö koosneb kahest osast. Lõputöö esimeses peatükis tutvustab autor mehitamata õhusõidukite süsteeme ning annab ülevaate RPAS-ide käitamise ning regulatsioonide hetkeolukorrast Euroopas ja Eestis. Lõputöö teises peatükis analüüsib autor Tartu õhuruumi ning mehitamata õhusõidukite süsteemide jaoks vajaliku piiratud õhuruumi loomise võimalikke piiranguid. Lõpptulemusena pakub autor välja võimaliku piiratud õhuruumi lahenduse toetudes ICAO Annex 11-le ning Eurocontrol'i õhuruumi planeerimise juhendile.

Kaugjuhitavate (eesti keeles ametlikult kasutusel *mehitamata*) õhusõidukite süsteemid on üks osa mehitamata õhusõidukite kategooriast. Mehitamata õhusõidukite süsteemi (inglise keeles *remotely piloted aircraft systems*, lühend *RPAS*) puhul on oluline, et lisaks õhusõidukile kuuluvad selle juurde ka õhkutõusuks ja maandumiseks vajalikud süsteemid, sest kuigi õhusõiduki pardal ei ole pilooti, on selle juhtimine võimalik tehniliste abivahendite ja kommunikatsiooniühenduste vahendusel maapealsest kontrollijaamast. Lisaks kaugjuhitavatele õhusõidukitele on olemas ka õhusõidukeid, mida saab programmeerida lendama iseseisvalt, ilma, et piloot peaks lendu sekkuma.

Esimese peatüki alguses annab autor ülevaate RPAS-ide ajaloost ning kasutamisest tänapäeval. Järgneb kirjeldus RPAS-ide jagunemisest tõstejõu tekitamise järgi ja käitamispraktika alusel. Tutvustatakse madalatel kõrgustel toimuvaid lendusid (kuni 500 jalga maapinnast), mis toimuvad nägemisulatuses ja väljaspool seda. Järgneb lühiülevaade lendudest, mis toimuvad suurematel kõrgustel ning raadiolevi ulatuses või väljaspool seda.

Edasi kirjeldab autor RPASi lennutegevust käsitlevat regulatsiooni Euroopas tervikuna ja Eestis. Vastavalt Euroopa Komisjoni regulatsioonile 216/2008 kuulub üle 150 kilogrammise stardimassiga mehitamata õhusõidukite süsteemide käitamine Euroopa Lennundusohutusamet (EASA) pädevusse, alla 150 kilogrammi stardimassiga õhusõidukite käitamist peavad reguleerima kohalikud riiklikud lennundusorganid.

Praegu rajaneb Euroopas kaugjuhitavate õhusõidukite süsteemidele kohaldatav õigusraamistik peamiselt ühekordsete lubade väljaandmisel. Erinevate riikide eeskirjad on killustatud ning siseriiklike lubasid vastastikku ei tunnustata ja need ei võimalda kaugjuhitavaid õhusõidukeid toota või käitada kogu Euroopas tuginedes üldkehtivatele regulatsioonidele.

2011. aastal andis ICAO välja ringkirja numbriga 328, mis on pühendatud mehitamata õhusõiduki süsteemidele. Ringkiri selgitab hetkeolukorda ning toob välja valdkonna probleemseid kohad: puudulik seadusraamistik, käitamisprotseduuride väljatöötamise vajalikkus, lennukite ja süsteemide sertifitseerimine vastavalt kehtivatele nõuetele ja seadustele, personali koolitus ja lennundusload. Erinevatel ICAO tippkohtumistel on oldud seisukohal, et RPAS-ide integreerimine tavaõhuruumi peab kehtivat regulatsiooni võimalikult vähe mõjutama ning mehitamata lennuvahenditele peavad kehtima tavalennuliiklusele rakendatavad reeglid maksimaalses võimalikus ulatuses. Sellele vaatamata tuleb mitmetesse ICAO standarditesse ja soovitatavasse praktikasse sisse viia muudatusi, kuna RPAS-ide käitamine erineb paljuski tavapäraste piloodiga õhusõidukite käitamisest.

Hetkel tegeleb aktiivselt mehitamata õhusõidukite käitamise eeskirjade koostamisega JARUS (*Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems*). Tegemist on maailma ühinenud lennuametiga, mille liikmete hulka kuuluvad paljud suurriigid nagu Ameerika Ühendriigid, Saksamaa, Venemaa, Hispaania, Lõuna-Aafrika Vabariik ning lisaks ka lennunduse suurorganisatsioonid Euroopas – Eurocontrol ja EASA. JARUS-e eesmärk on töötada välja ohutus- ja käitamisalased soovitusel ning juhendmaterjalid, mille põhjal erinevate riikide lennuametid saavad välja töötada ja teiste riikidega kokku sobitada oma riiklikud regulatsioonid ning seadused mehitamata õhusõidukite süsteemide käitamiseks.

Juunis 2013 avaldas Euroopa RPAS juhtgrupp (ERSG) oma nägemuse mehitama õhusõidukite süsteemide hetkeolukorrast ja tulevikust, milles on esitatud RPAS-ide võimalik integreerimine tsiviilõhuruumi kuni aastani 2028. Lõputöös on eelmainitud programmist esitatud ülevaade koos joonisega võimaliku integreerimise ajakava kohta.

Eestis andis Lennuamet 2014. aasta 2. oktoobril välja mehitamata õhusõidukite üldkorraldusliku ettekirjutuse, kus on kirjas tingimused mehitamata õhusõiduki käitamiseks.

Lennureeglite § 15 lõike 1 kohaselt võib ilma Lennuameti loata käitada mehitamata õhusõidukeid madalamal kui 500 jalga maapinnast. Kontrollitavas õhuruumis ja lennuvälja lennuinfotsoonis käitatavatele mehitamata õhusõidukitele laienevad lennundusseaduse § 101 lõikes 5, (kontrollitavas õhuruumis ja lennuinfotsoonis lendamisel peab õhusõidukil, välja arvatud purilennukil, lendamisel selleks ettenähtud õhuruumialas olema töörežiimis A/3+C sisse lülitatud sekundaarradari transponder. Transpondrit kasutatakse kooskõlas Rahvusvahelise Tsiviilennunduse Organisatsiooni nõuetega ning vastavalt lennuliiklusteenuse osutaja antud korraldustele) lennureeglite § 52 (ATS-õhuruumi klassides osutatavad teenused ja lendudele kehtivad nõuded) ning õhuruumi määruuses § 311 toodud nõuded. Kuna eeltoodud nõudeid ei ole Eestis käitatavate RPAS-ide puhul enamikel juhtudel võimalik täita, siis rakendatakse Lennuameti ühekordse loa nõuet lendude puhul, mis toimuvad kontrollitavas õhuruumis, lennuvälja lennuinfotsoonides, erinevates lennutegevust piiravates õhuruumi osades ja mujal kontrollimata õhuruumis kõrgemal kui 500 jalga maapinnast. Lennuameti väljastatud luba ei anna automaatselt õigust mehitamata õhusõiduki käitamiseks ürituste ja rahvakogunemiste kohal. Käitaja vastutab selle eest, et ürituste või rahvakogunemise korraldaja luba oleks olemas.

Lõputöö teises peatükis keskendutakse Tartu lennuvälja lähedusse RPAS-lennutegevuseks vajaliku õhuruumi planeerimisele. Peatüki alguses selgitab autor eraldi õhuruumiosa vajalikkust RPAS-ide testimiseks. RPAS-id peavad järgima lennureegleid ning nende süsteemid peavad vastama navigatsiooni ja seire nõuetele antud õhuruumis, kus lend toimub. Süsteemid, mis vastaksid kõigile nõuetele, on kaugjuhitavate õhusõidukite süsteemide jaoks alles arenduses ning RPAS-ide integreerimine tsiviilõhuruumi peab toimuma järkjärgult, et mitte teha järeleandmisi ohutuses. Selleks, et erinevate süsteemide testimine oleks tootjate jaoks võimalikult lihtne, oleks vaja spetsiaalset piiratud õhuruumi. Piiratud ala lähedus tavalikkuse jaoks kasutuses olevale lennuväljale, kus teostatakse ka lennujuhtimist, annab võimaluse testida erinevaid kommunikatsiooniühendusi. Lisaks saab piiratud õhuruumis testida ilmastiku mõju õhusõidukitele, kuidas käitub kaugjuhitav õhusõiduk keerisjäljes lennates ning välja arendada kaugjuhitavate õhusõidukite jaoks „tuvasta ja väldi“ süsteemi, sest ilma selleta on võimatu, et kaugjuhitav õhusõiduk saaks lennata õhuruumis koos tavalikkusega väljaspool piloodi nägemisulatust.

Lõputöös on esitatud võrdlustabel kahe Eestis toodetava mehitamata õhusõiduki kohta. Enne RPAS-ide lennutegevuseks vajaliku õhuruumi planeerimist annab autor ülevaate Tartu lennuvälja õhuruumist, lennujuhtimisprotseduuridest, sh uutest satelliitnavigatsioonil põhinevatest instrumentaalväljumis- ja instrumentaalsaabumismarsruutidest ning lennuliikluse hulgast ja iseloomust.

Järgneb analüüs RPAS-ide tarbeks lennutegevust piirava õhuruumi asukoha leidmiseks.

Põhja suunas Tartu lennuväljast asub Tartu linn ning tihedalt asustatud ala kohale ei saa mehitamata õhusõidukite testimiseks õhuruumi luua. Lisaks asub põhja suunas treeningtsoon 8, kus toimub enamik treeninglende.

Ida ja lääne suund ei ole samuti piiratud õhuruumi loomiseks sobivad, sest Tartu lennuvälja rada on ida–lääne suunaline ning maksimaalse ohutuse tagamiseks ei ole mõistlik luua mehitamata õhusõidukitele treeningala raja lähenemis- ja väljumistrassidele. Lisaks jääb lääne poole lähenemisala (TMA) NATO lõuna madallennuala lennutegevusega 500 jalga kuni 2000 jalga maapinnast. Ida pool TMA-st on piiritsoon. Idas asuva treeningtsooni puhul võib juhtuda, et kui mehitamata õhusõidukite juhtimises esineb mingeid probleeme, siis ei ole võimalik vältida loata lendamist üle piiri.

Lõuna suunas on piiranguks treeningtsoon 7, kuid seda kasutatakse väga harva. Kui toimub treeninglend lennuväljaringil, siis pigem kasutatakse lõunapoolset ringi, et vältida lendamist elamurajooni kohal. Teiseks piiranguks lõuna suunas on Ridali purilennuala, mis on aktiveeritud 1. aprillist 15. novembrini.

Lähtudes eeltoodust arvab autor, et kõige sobivam oleks mehitamata õhusõidukitele mõeldud piiratud õhuruum luua lõuna poole Tartu lennuväljast, sest seal mõjutaks see praegust liiklusolukorda kõige vähem.

Autor kaalus mehitamata õhusõidukitele mõeldud piiratud õhuruumi täpsema asukohana mitmeid variante. Esmalt esitab ta variandi, mille korral muutuksid ka Tartu lähiala piirid. Taoline muutus eeldab ka VFR-lähiala punktide, oote-tsoonide ja treeningalade muutmist ning mõjutaks oluliselt praegust liiklusolukorda. Kuid nagu igal pool rõhutatud – mehitamata õhusõidukite süsteemide tavaõhuruumi integreerimise mõju praegusele olukorrale peab olema minimaalne. Seetõttu keskendub autor teisele variandile, mille korral säilivad olemasoleva lähiala piirid ning RPAS-ide lennutegevuseks kasutatakse olemasolevat tsooni number 7. Edasi analüüsib autor tsooni number 7, mis RPAS-ide lennutegevuse tõttu saaks ohualaks, võimalikke mõõtmeid, aktiivse ohuala mõju olemasolevatele lennumarsruutidele ja lennujuhtimis-protse-duuridele. Eraldi käsitletakse võimalikke RPAS-ide lennuprotseduure lähialas: lendamist lennuvälja läheduses ning marsruute lennuvälja ja planeeritava ohuala vahel. Mehitamata õhusõidukite süsteemide hajutamisel muust liiklusest on võimalik tugineda Tartu lennujuhtimiskäsiraamatus kirjeldatud tsoon 7 jaoks loodud eri-VFR hajutustele.

Kokkuvõte

Mehitamata õhusõidukite süsteemide testkeskuse loomine Tartusse annaks võimaluse lennuandmeid analüüsides koostada mehitamata õhusõidukitele konkreetsed käitamisreeglid ning –juhised. Need oleksid eelduseks mehitamata õhusõidukite laialdasemaks integreerimiseks kontrollitud õhuruumi, kus nad võiksid lennata koos tavalikkusega.

Mehitamata õhusõidukite süsteemidele mõeldud õhuruumiks pakub autor välja praeguse treeningtsoon 7 kasutamise piiratud õhuruumina.

Õhuruum võiks vormiliselt olla ohuala, kus toimub tegevus vastavalt kindlale ajakavale ning võimalikest muudatustest saab anda infot NOTAM-teadetega.

Kõige ohutum variant lähialas lendavate mehitamata õhusõidukite hajutamiseks muust liiklusest on transpondri kasutamise kohustus mehitamata õhusõidukitele, kes soovivad lähialas lennata. Järgmise aasta algusest alates on Tartu lennujuhtimistornis tänu üle-Eestilisele multilateratsioonisüsteemile (MLAT) võimalik jälgida radarpilti. Tartu TMA saab olema kaetud alates 600 jala kõrgusest. Teine variant lähialas ohutuse tagamiseks on nõue, et mehitamata õhusõidukitel peab pardal olema sertifitseeritud lennukõrguse mõõtja, et õhusõidukid oleksid võimelised täpselt hoidma neile määratud lennukõrgusi. Sel juhul saab mehitamata õhusõidukite süsteemide hajutamiseks muust lennuliiklusest kasutada lisaks geograafilisele hajutusele ka kõrgushajutust.

Mehitamata õhusõidukite testkeskuse loomise järgmiseks oluliseks sammuks on rohkemate huvigruppide intensiivsem kaasamine. Autori arvates on Tartu asukoha ja õhuruumi ülesehituselt sobiv koht mehitamata õhusõidukite süsteemide testimiseks mõeldud piiratud ala loomiseks ning projektiga peaks edasi tegelemiseks.

A-L. Tuusis. *Mehitamata õhusõidukite süsteemide testimiseks vajaliku õhuruumi loomine Tartu lennuvälja läheduses: lõputöö, juhendaja Tanel Kulbas, konsultant Anu Vare. Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.*

Kasutatud kirjanduse nimekiri sisaldab 32 allikat.

SUMMARY

CREATING A RESTRICTED AREA FOR REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEMS TEST FLIGHTS NEAR TARTU AIRPORT

Key words: remotely piloted aircraft system (RPAS), airspace planning, air traffic control procedures, Tartu aerodrome

Remotely piloted aircraft systems are the future of aviation because they can be used for different operations. In order to integrate remotely piloted aircraft into the civil aviation system, technology needs to be developed and specific regulations need to be implemented.

This thesis focuses on the legislation of remotely piloted aircraft and proposes a restricted airspace solution for remotely piloted aircraft test flights. The purpose is to analyse Tartu airport's airspace suitability for creating a restricted airspace for test flights.

The material analysed in this project was compiled from different RPAS manuals and national regulations, enquiries from the aircraft manufacturers and interviews with different experts.

This thesis consists of two paragraphs. Chapter 1 gives an overview of the current situation in the field of remotely piloted aviation and describes the rules of remote aircraft in Estonia. Chapter 2 analyzes the need for a restricted airspace for the test flights of remotely piloted aircraft and proposes the location and procedures for the testing area.

On the basis of the research the author has drawn the following conclusions: firstly, Tartu airspace is suitable for creating a restricted area for remotely piloted aircraft systems; secondly, the restricted area should be located in the south of the airport in zone 7, where it would affect the current air traffic in Tartu the least; and lastly, separations of remotely piloted aircraft from other traffic can be based on the training zone 7 separations.

As a result of the research completed within this thesis, the author concludes that further investigation into this project can be directed towards motivating remotely piloted aircraft operators and other stakeholders to invest their time, money and knowledge in order to make the Tartu remotely piloted aircraft test centre project successful.

LENNUJUHTIMISPROTSEDUURID MEHITAMATA ÕHUSÕIDUKI SÜSTEEMIDE KÄITAMISEKS LIIKLUSALAL NING LÄHI-JA LÄHENEMISALAS TARTU LENNUJAAMA PÕHJAL

SIIM RUMJANTSEV

Juhendaja Tanel Kulbas, konsultant Anu Vare

Märksõnad: mehitamata õhusõiduki süsteem (RPAS), lennujuhtimis-
protseduurid, Tartu lennuväli

Sissejuhatus

Viimastel aastatel on mehitamata õhusõidukite kasutamine eraisikute ja ettevõtete ning organisatsioonide poolt suurenenud. Otsitakse üha enam ligipääsu üldkasutatavale õhuruumile. Sellest tulenevalt on vaja luua nende testimiseks keskus, kus saaks seda teha ohutult tuginedes kehtivatele normidokumentidele. Kaitseministeeriumi, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi, ettevõtjate ning Lennuakadeemia koostöös otsustati, et sellise keskuse rajamiseks oleks Eestis kõige sobilikum koht Tartu lennuväli või selle lähedus. Tartu lennuvälja eelis teiste lennuväljade ees on ka vähene liikluskoomus ja Eesti Lennuakadeemia lähedus.

Lõputöö eesmärk on teha ettepanek tavaliiklusega võimalikult sarnaste protseduuride loomiseks mehitamata õhusõiduki süsteemide ohutuks ja tõhusaks käitamiseks ning nende kombineerimine olemasolevate lennujuhtimis-protseduuridega Tartu lennuväljal ja selle läheduses, tuginedes rahvusvahelistele ja riiklikele õigusaktidele ja praktikale.

Sisu ja tulemused

Lõputöö metoodikaks on dokumentide analüüs ning nende põhjal lennujuhtimisprotseduuridega seotud ettepanekute väljatöötamine. Peamisteks kasutatud dokumentideks on ICAO dokument 10019 *Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)*, Tartu lennujuhtimisüksuse kohalike protseduuride kogumik ja Eesti Lennuakadeemia koostatud „Teostatavusanalüüs kaugjuhtimisega õhusõidukite süsteemide testimis- ja demonstreerimiskeskuse loomiseks Eestis“.

Lõputöö koosneb neljast peatükist.

Esimeses peatükis kirjeldatakse Tartu lennuvälja liiklusalala, lähi- ja lähenemisala, tehnilisi seadmeid ning kohalikke lennujuhtimisprotseduure. Eelkõige on kohalikest protseduuridest kirjeldatud neid punkte, mis on olulised mehitamata õhusõiduki süsteemide käitamisel. Autor annab põhjaliku ülevaate eri-VFR-

lendude juhtimisest ja hajutamisest. Eraldi punkt on pühendatud eri-VFR-lendude hajutustele RNAV-põhistest standardsetest instrumentaal-väljumistest ja –saabumistest. Lisaks eelmainitule esitab autor ülevaate Tartu lennuväljaga seotud lendude statistikast 2014. aasta kohta.

Teises peatükis kirjeldatakse mehitamata õhusõiduki süsteeme (RPAS). Tuuakse ära mehitamata õhusõiduki (UAV) mõiste ja RPAS-i kui süsteemi komponentide loetelu. Järgneb lühiülevaade RPAS-ide jaotumisest nägemusulatuses olevateks ja nägemisulatuses väljaspool olevateks. Edasi annab autor ülevaate RPAS-ide arengust ja kasutusvaldkondadest. Kirjeldatakse erinevaid võimalusi RPAS-ide klassifitseerimiseks. Kuigi mehitamata õhusõiduki süsteemid koosnevad paljudest eri elementidest, klassifitseeritakse nad siiski mehitamata õhusõiduki enda võimekuse järgi. Tehnoloogia kiire arengu ja klassifitseerimise eri karakteristikute tõttu on täpsed piirid erinevate klasside vahel ähmased ning pidevas muutumises. Väiksemad UAV-d on üha kiiremini võimelised üle võtma suurematele mõeldud rolle ja ülesandeid. Näitele RPAS-ide võimekuspõhisele klassifitseerimisele lisaks esitab autor ka UAV-de kaalu järgi klassifitseerimise.

Kuna neljandas peatükis väljatöötatud ettepanekud lennujuhtimisprotseduuride loomiseks RPAS-idele liiklemiseks Tartu lennujuhtimisüksuse vastutusalas on loodud eeskätt Eesti tootjate huve arvestates, järgneb ülevaade Eestis toodetavate RPAS-ide tehnilistest parameetritest. Autor keskendub kahe kohaliku firma, Threod Systems OÜ ja Eli Airborne Solutions, toodangule. Mõlemad ettevõtted töötavad välja RPAS-e nii militaar- kui ka tsiviilotstarbel kasutamiseks ja mõlemal tootjal on tootevalikus nii fikseeritud tiivaga RPAS-e kui ka pöörleva tiivaga, VTOL-võimekusega (vertikaalse tõusu ja maandumise) RPAS-e. Ettevõtete toodangus olevad mudelid on esitatud kahes võrdlustabelis.

Kolmandas peatükis analüüsib töö autor RPAS-ide eeldatavat mõju lennuliiklusele Tartu lennuväljal ja selle lähiümbruses.

RPAS-ide eeldatavat mõju Tartu lennuvälja lennuliiklusele võib pidada minimaalseks, sest liiklustihedus on seal madal. Kehtestatud on lihtsad ja hästi toimivad protseduurid lendude juhtimiseks. 5. märtsil 2015. aastal võeti kasutusele standardsed instrumentaalväljumise (SID) ning standardsed instrumentaal-saabumise (STAR) marsruudid Tartu lähenemisasas.

Konflikte võib esineda tava-VFR-liikluse ja RPAS-liikluse vahel, sest RPAS süsteemi UAV-d on tihti peale nii väikesed, et neid on õhus raske märgata. Samuti ei pruugi UAV-de piloodid anda õiget hinnangut nende poolt juhitava UAV ümber toimuvast, tulenevalt kaugusest ja vaatenurgast piloodi ning UAV

vahel. Nähtavusest tingitud konfliktide ärahoidmise eesmärgil on otstarbekas käsitleda UAV-sid kui eri-VFR-lende kuna eri-VFR-lendude omavahelise hajutamise protseduurides on juba arvestatud sellega, et õhusõidukite piloodid ei pruugi teineteise õhusõidukeid näha. Samas võib eri-VFR-lendudele sarnaste hajutuste kasutamisel olla negatiivne mõju õhuruumi läbilaskevõimele.

Neljandas peatükis on tuginedes kirjalikele materjalidele välja töötatud ettepanekud lennujuhtimisprotseduuride loomiseks RPAS-ide liiklemiseks Tartu lennuvälja liiklusalal, lähialas ning lähenemisalas. Protseduurid on mõeldud LOS-tüüpi (nägemisulatuses lendavad) UAV-dele. BLOS-tüüpi (väljaspool nägemisulatuses lendavad) UAV-de käitamiseks ei saa neid kasutada, sest nende puhul on info liikumine UAV piloodi ja UAV vahel aeglane. Samuti ei ole tagatud katkematu satelliitside UAV ja UAV piloodi vahel.

Lähi- ja lähenemisala tarbeks välja töötatud protseduure saab kasutada vaid UAV-de puhul, mis suudavad oma kurssi hoida mõnemeetrise ja kõrgust mõnekümne jala täpsusega. Juhul kui see ei ole UAV poolt võimalik, tuleb sellest UAV piloodi poolt lennujuhile esimeses sides teada anda ning seejärel ei tohi lähialas temaga samale poole rada olevasse õhuruumi teisi õhusõidukeid lubada. Erinevalt lähialast võib lähenemisalas selline UAV lennata ainult üksi kuna seal saab UAV ja muu liikluse vahel kasutada vaid kõrgushajutust.

Liiklusalal lubade, juhiste ja liiklusinfo edastamisel kehtivad samad reeglid kui tavaõhusõidukite puhul. Lisaks sellele tuleb enam tähelepanu pöörata tavaliselt liikluse õhusõidukilt tuleva propi- või reaktiivjoaga seotud ohust informeerimisele ning pilootide piiratud vaateväljast tulenevale ohule releerimise ajal märgata liikumist mõjutavat UAV-d. Võimalusel on soovitatav kasutada UAV stardiks raja ja ruleerimise ristumiskohta, et liiklust kiirendada. Kuna valdav enamus UAV-sid on kergemad kui keskmise raskus-klassiga tavaliselt liikluse õhusõidukid tuleb neid käsitleda kui kerge raskusklassiga õhusõidukeid ja hajutada keskmistest ja rasketest vastavalt ettenähtud protseduuridele. Juhul kui UAV on eriti tundlik keerisjälje suhtes, tuleb neil kasutada suuremaid keerisjälje hajutusi ja seda ka kerge raskusklassiga õhusõiduki järgi startimisel. Juhul kui UAV kasutab rajal või selle läheduses maandumisvarju, tuleb sellest lennujuhti teavitada.

Lähialas lendamiseks soovib autor kehtestada UAV-dele tavalisest erinev, väiksem lennuväljaring. Sarnaselt lennuväljaringiga on vaja kehtestada UAV-dele ka kaks eraldi ootetsooni eesmärgiga kiirendada loa saanud UAV lähenemisprotsessi. Lennuväljaringi ja ootetsoonide kavandid on esitatud joonistel.

UAV-de juhtimisel lähialas tuleb neile rakendada eri-VFR hajutuse põhimõtteid ehk geograafilist hajutust sõltumata ilmastikutingimustest. UAV-d hajutatakse nii VFR-, IFR- kui ka teistest RPAS-lendudest. Järgneb detailne RPAS-lendudele planeeritavate hajutusmiinimumide kirjeldus.

Lähenemisalas kasutatakse RPAS-lendude puhul vaid 1000 jalast kõrgushajutust. Külghajutusi kasutada ei saa, sest Tartu lennujuhtimisüksusel puudub radar ning RPAS-ide navigeerimistäpsus ei luba kasutada IFR-lendudel kasutatavaid punkte ERULI, NIVER ja NDB kaugmajakat UM.

UAV-de ja tavaliikluse jaoks kasutatakse sama raadioside sagedust. See tagab parema ülevaate õhuruumis toimuvast nii UAV pilootidele kui tavaliikluse pilootidele ning vähendab seega konfliktide ohtu.

Kokkuvõte

Autor töötas välja ettepanekud lennujuhtimisprotseduuride loomiseks RPAS-ide liiklemiseks liiklusalal, lähialas ja lähenemisalas.

Liiklusalal lubade, juhiste ja liiklusinfo edastamisel kehtivad samad reeglid kui tavaõhusõidukite puhul. Enam tuleb tähelepanu pöörata keerisäljehajutustele ülikergete UAV-de korral.

Lähialas RPAS-ide hajutamine muust liiklusest on lahendatud kasutades eri-VFR-lendudele sarnaseid geograafilisi hajutusi. RPAS-lennud hajutatakse nii VFR-lendudest kui IFR-lendudest. Kehtestatud on UAV-dele eraldi lennuväljaring ja nii põhja- kui ka lõuna-ootetsoonid.

Lähenemisalas kasutatakse RPAS-lendude korral vaid kõrgushajutus 1000 jalga.

Ülaltoodud protseduuride kasutamise eelduseks on kahepoolse raadioside olemasolu RPAS piloodi ja lennujuhi vahel. Selleks peab RPASi pilootidel olema lennundusraadioside luba.

S. Rumjantsev. *Lennujuhtimisprotseduurid mehitamata õhusõiduki süsteemide käitamiseks liiklusalal ning lähi- ja lähenemisalas Tartu lennujaama põhjal: lõputöö, juhendaja Tanel Kulbas, konsultant Anu Vare. Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.*

Kasutatud kirjanduse nimekiri sisaldab 19 allikat.

SUMMARY

AIR TRAFFIC CONTROL PROCEDURES FOR OPERATING REMOTELY PILOTED AIRCRAFT IN THE MOVEMENT AREA, IN THE CONTROL ZONE AND TERMINAL CONTROL AREA OF TARTU AERODROME

Key words: remotely piloted aircraft system (RPAS), air traffic control procedures, Tartu aerodrome

The use of remotely piloted aircraft has historically been limited to military and government use and that only in segregated airspace. Because of the improvements in technology and increased interest in RPAS from civil organizations, the need for an RPAS testing centre is imminent. In cooperation with the Estonian Ministry of Defence, the Ministry of Economic Affairs and Communications, interested entrepreneurs and Estonian Aviation Academy it was decided that the best place to establish such a test centre would be Tartu airport and its vicinity. Tartu has a certified air traffic control unit and its procedures are on a very high level. Tartu has low traffic load and it has Estonian Aviation Academy nearby.

The aim of this paper is to develop air traffic control procedures for RPAS operations on the movement area and in the control zone and terminal control area of Tartu aerodrome based on local and international regulations and practices.

The methodology of this thesis consists of analysing relevant documents and on the basis of this developing air traffic control procedures. The main documents used are ICAO Doc 10019 “Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)“, Tartu airport air traffic control unit’s handbook and Feasibility Analysis composed by Estonian Aviation Academy.

The thesis consists of four chapters. The first chapter explains air traffic management in Tartu by describing the aerodrome and airspace parameters. In addition, an overview of local procedures, which are important for operation of RPAS, is presented.

The second chapter describes RPAS, their history and approaches for classification. Also, an overview of RPASes produced in Estonia is given.

In the third chapter the author analyses the expected effect of RPAS operations for air traffic at Tartu airport and its vicinity. In the author's opinion, the expected influence on air traffic will be low because Tartu has low traffic load, which consists mostly of VFR training flights. Some conflicts may occur between RPAS flights and VFR flights caused by the size of the RPAS. It may be hard for VFR pilots to visually spot RPAS mid-air.

The fourth chapter presents the procedures developed for RPAS flights. Procedures for taxiing, take-off and landing are described.

To conclude, for a faster and safer traffic flow in the control zone a new, smaller and lower, traffic circuit has been developed. In addition to traffic circuit, new holding areas have been designed. The separation between RPAS and VFR flights has been solved by using special-VFR separations. All RPAS flights are separated geographically from other traffic using clearly visible geographical landmarks near Tartu.

In the terminal control area vertical separation must be used between RPAS and other traffic due to incapability of RPAS to navigate reliably over IFR waypoints. 1000 ft vertical separation must be used between RPAS and other traffic in the terminal control area.

Since every movement on the manoeuvring area, in the control zone and terminal control area requires clearance from ATC, it is necessary for a RPAS pilot to be in a two-way radio communication with the ATC. Therefore, the RPAS pilot needs an Aeronautical Radio Service Licence.

LENNUNDUSE SIDE- JA NAVIGATSIOONISÜSTEEMIDE KÄITAMINE

SAATEKS

Side ja navigatsiooni osakond soodustab seda, et üliõpilane leiab lõputöö teema praktikakohalt, seega on nii praktikajuhendaja kui ka lõputöö juhendaja lennundusettevõtte töötaja. Praktika ja lõputöö vaheline tugev seos aitab tagada akadeemia hariduslike eesmärkide täitmist ja lõputöö aktuaalsuse ning rakendatavuse ettevõttes.

Eelnimetatud skeemi järgi on lõputöö teema leidnud ka käesolevas kogumikus olevate lennunduse side- ja navigatsioonisüsteemide käitamise eriala tööde autorid.

Viljar Vooremäe lõputöö on osa Lennuliiklusteeninduse ASi eriolukordade plaani arendamise projektist. Töö käigus valmis kontrollkaartide kogumik, mis aitab valveinseneridel rikkeid tuvastada ja kõrvaldada, vajadusel suunata edasi vastavale insenerile.

Tallinna Lennujaam planeerib satelliitmaandumissüsteemi paigaldamist. Ott Heiskoneni ülesandeks oli määrata potentsiaalne asukoht satelliitmaandumissüsteemi maapealsele tugijaamale Tallinna Lennujaamas võttes arvesse kõiki asukoha nõudeid.

Tänu Cybernetica ASis läbitud praktikale käsitleti lennuakadeemia lõputöö raames esmakordselt reisija broneerimisandmeid ja nende turvalisust. Annett Saarik uuris, kas reisija broneerimisandmeid oleks võimalik töödelda turvaliste ühisarvutuste abil.

Nele Andresen

Side ja navigatsiooni osakonna hoidja

ERIOLOKORDADE PLAANI JAOKS KONTROLLKAARTIDE KOOSTAMINE LENNULIIKLUSTEENINDUSE AKTSIASELTSI SIDETEHNIKA OSAKONNALE

VILJAR VOOREMÄE

Juhendaja Siim Ridbeck (MSc), konsultant Nele Andresen

Märksõnad: eriolukordade plaan, kontrollkaardid, Lennuliiklusteeninduse AS (LLT AS), sidetehnika osakond (STO)

LLT AS sidetehnika osakond (STO) vajab uut eriolukordade plaani ehk situatsioonikava. Lennundussektor üldiselt ning ka LLT AS paneb suurt rõhku ohutusele. Seepärast on algatatud projekt koostada STOLE kaasaegne eriolukordade plaan. Eriolukorra näol on tegemist süsteemi kõrvalekaldega tavapärasest tööolekust. Eriolukordade plaani eesmärgiks on tagada sellistel juhtudel eelkõige lennuohutus, teenuse osutamine kasvõi osalises mahus ning töökorraldus olukorraga toimetulekuks.

Lõputöö on aktuaalne, sest praeguseni puudub LLT ASi seadmetel ühtne tähistus. Inseneridel puudub üheselt mõistetav ülevaade terviklikust lennujuhtimist toetavast infrastruktuurist, kuna tähistused seadmetel on puudulikud ja oma ülesehituselt kohati ebasobivad. Valveinseneridel, kes peavad jälgima tervet tehnilist taristut, puuduvad kaasaegsed ning mugavad juhendid rikete kõrvaldamiseks.

Töö raames on loodud valveinseneridele kontrollkaardid rikete tuvastamiseks ning lahendamiseks. Ühtlasi kaardistati LLT ASi tehnika ning töötati välja nimetuste süsteem. Töö käigus analüüsiti praeguseid juhendeid, protseduure ja STO (osakonna) käsiraamatut ning leiti palju ebamääraseid ning mitmeti mõistetavaid kohti. Töö autor on tõstnud esile dokumentides olevad probleemsed kohad ning pakub välja erinevaid lahendusi nende parandamiseks. Olukorda analüüsides tegi autor mitmeid ettepanekuid protseduuride muutmiseks.

Töö koosneb kolmest peatükist. Esimene peatükk sisaldab praeguste eriolukordade protseduuride kirjeldust.

Teises peatükis analüüsitakse esimeses peatükis toodud protseduure. Autor tugineb ettevõttes läbitud praktikale, tehtud vaatlustele ning inseneride ekspertarvamustele. Teises peatükis on välja toodud kitsaskohad praeguses olukorras ning tehtud on parendusettepanekud.

Kolmas peatükk sisaldab autori väljatöötatud lahendust. Kirjeldatud on uue nimetuste süsteemi loomist ning kontrollkaartide koostamist.

Töö tulemused aitavad sidetehnika osakonnal edasi minna eriolukordade plaani väljatöötamisega ning muuta sidetehnika osakonna töö ohutumaks ning tõhusamaks.

Edasiarendusena tegeletakse autori loodud lahenduste uuendamise ning täiendamisega. See tähendab uute seadmete lisandudes nende tähistamist sama süsteemi järgi ning kontrollkaartide täiustamist järgides väljatöötatud formaati. Autori loodud kontrollkaardid on eestikeelsed, kuid tulevikus võiks kaaluda nende tõlkimist vene ja inglise keelde.

V. Vooremäe. *Eriolukordade plaani jaoks kontrollkaartide koostamine Lennuliiklusteeninduse aktsiaseltsi sidetehnika osakonnale: lõputöö, juhendaja Siim Ridbeck (MSc).* Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.

Kasutatud kirjanduse nimekiri sisaldab 14 allikat.

SUMMARY

COMPILATION OF CHECKLISTS FOR ESTONIAN AIR NAVIGATION SERVICES CNS–ATM DEPARTMENT'S CONTINGENCY PLAN

Keywords: checklists, contingency plan, Estonian Air Navigation Services, labelling

The purpose of this graduation thesis is to primarily compile checklists for EANS (Estonian Air Navigation Services) CNS–ATM department's contingency plan. The main objective of the checklists is to help technical control engineers define and solve various technical contingencies. An additional purpose of this thesis is to develop a system for labelling racks and devices. The current procedures for dealing with technical contingencies are analyzed. Amendments are proposed for making improvements.

The importance of this thesis is due to the fact that the labelling of the devices and systems was inadequate and the manuals in use were outdated. They are not user friendly nor effective. The need for this thesis also comes from the fact that EANS considers safety to be one of the most crucial issues. It is possible to improve safety and continuous CNS–ATM technical support to other departments and to customers outside the company.

This diploma thesis consists of three chapters. In Chapter 1 the current situation of how contingencies are being handled is presented. Chapter 1 consists of instructions, procedures and other documentation of the company. It is followed by Chapter 2 which is an analysis of the current situation. The author gives recommendations based on studies of the field and on expert opinions of the department engineers. Chapter 3 has the most practical value as it covers the new labelling system for EANS system racks, devices and cables. Chapter 3 also covers the most important part of the thesis: the new checklists for technical control engineers. The final chapter includes the process for developing the checklists (structures, design and compilation).

MAAPEALSE TUGIJAAMAGA SATELLIITMAANDUMISSÜSTEEM TALLINNA LENNUJAAMAS

OTT HEISKONEN

Juhendaja Leho Roots (MSc), konsultant Lauri Stroom

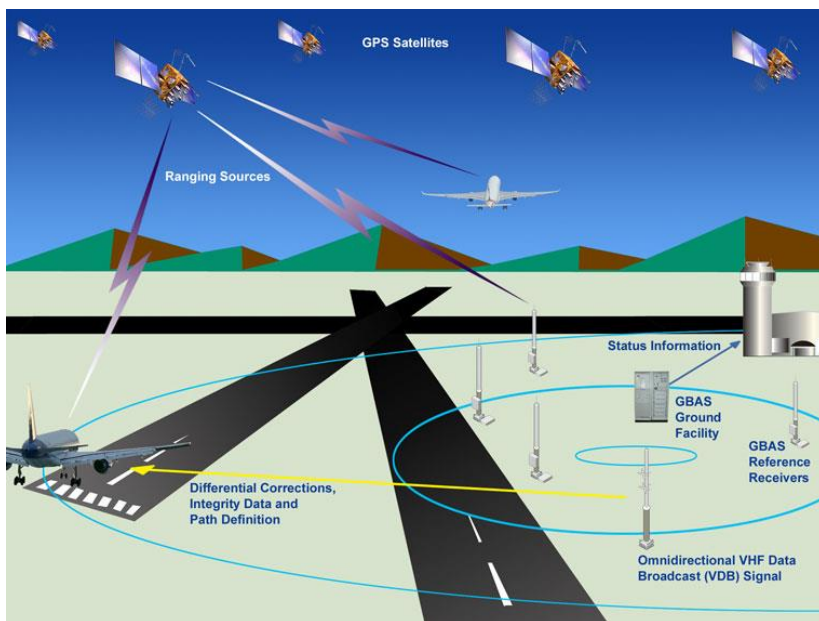
Märksõnad: satelliitmaandumissüsteem, maapealne tugijaam

Satelliitnavigatsioonisüsteemid, näiteks GPS, pole iseseisvalt piisavalt täpsed, tagamaks rangeid lennunduslikke nõudeid erinevatel protseduuridel, ning vajavad nõuete täitmiseks täiendussüsteeme.

Maapealne tugijaam (GBAS) täiendab satelliitnavigatsioonisüsteemi, et täita nõuded täppislähenemise protseduurideks ja pakkuda võimalust lennata õhusõidukitel „väravast väravasse“. Lisaks pakub maapealne tugijaam ka positsioneerimisteenust, mis võimaldab teostada satelliitnavigatsioonil tuginevat väljumis- ja lähenemisprotseduure ning ka maapealseid operatsioone.

Lõputöö eesmärk on määrata potentsiaalne asukoht satelliitmaandumissüsteemi maapealsele tugijaamale Tallinna Lennujaamas, teostada valitud maa-alal esmane asukoha inspektsioon ning selle põhjal määrata paika tugijaama seadmete esmased asukohad.

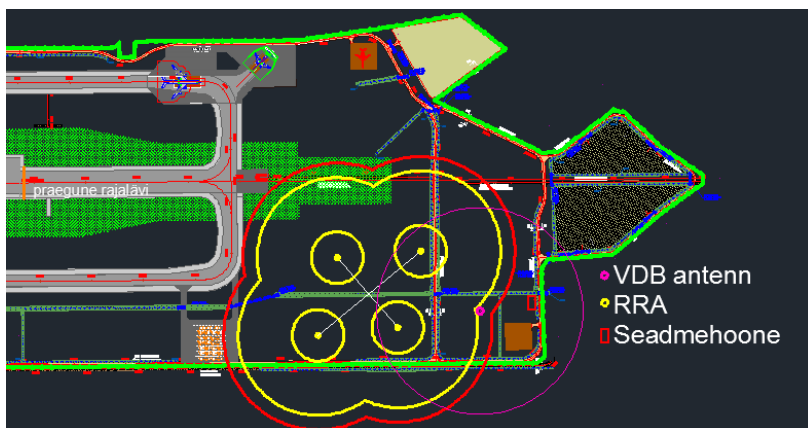
Lõputöö on jagatud kolmeks osaks, mis on omakorda liigendatud alapeatükkideks. Esimeses peatükis on kirjeldatud maapealse tugijaamaga satelliitmaandumissüsteemi erinevaid osi (vt joonis 1), lennunduslikke nõudeid erinevatele lennuetappidele ning eeliseid teiste süsteemide ees. Lisaks antakse ülevaade globaalsest satelliitnavigatsioonisüsteemist ja täiendussüsteemidest.



Joonis 1. Maapealse tugijaamaga satelliitmaandumissüsteem

Teises peatükis kirjeldatakse satelliitmaandumissüsteemi asukoha nõudeid, mis on vajalikud tugijaama paigaldamiseks lennujaama. Kirjeldatud nõuete alusel analüüsitakse Tallinna lennujaamas satelliitmaandumissüsteemile valitud potentsiaalse asukoha sobivust süsteemi paigaldamiseks.

Kolmandas peatükis käsitletakse uurimise eksperimentaalset poolt. Tallinna lennujaamas teostati satelliitmaandumissüsteemi maapealse tugijaama potentsiaalse maa-ala esmane inspeksioon ja analüüsiti maa-ala vastavust nõuetele. Lisaks määrati maapealse tugijaama seadmetele esmased asukohad valitud maa-alal (vt joonis 2).



Joonis 2. GBAS seadmete asukohad

Esmase asukoha inspeksiooni ja GPS signaalide analüüsi tulemusena jõuti järeldusele, et valitud maa-ala on sobiv maapealse tugijaama paigaldamiseks, kuid nõuab veel täiendavaid detailseid uuringuid kõikide referentsjaamade ja VDB asukohas. Töö tulemused annavad võimaluse Tallinna lennujaamal täiendada oma arengukava ja teostada täiendavaid uuringuid süsteemi reaalseks paigaldamiseks.

O. Heiskonen. *Maapealse tugijaamaga satelliitmaandumissüsteem Tallinna lennujaamas:* lõputöö, juhendaja Leho Roots (MSc), konsultant Lauri Stroom. Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.

Kasutatud kirjanduse nimekiri sisaldab 24 allikat.

SUMMARY

GBAS LANDING SYSTEM AT TALLINN AIRPORT

Keywords: satellite landing system, ground based augmentation system

The purpose of this graduation thesis is to find the potential installation site for the ground based GNSS augmentation system at Tallinn Airport and to perform initial site inspection at that location. The purpose of initial site inspection is to analyse the given location's compliance with the requirements and to assess the suitability of the location for installing GBAS equipment. In addition, potential causes for interference are found. The secondary purpose is to determine the exact locations for four GBAS reference stations, VHF data broadcast station and an equipment shelter. In addition, the proximity of infrastructure and site access is evaluated.

The research is carried out due to Tallinn Airport's aim to provide high-quality safe navigation service to its clients. For that reason Tallinn Airport wants to install contemporary technological systems, in this case a ground-based GNSS augmentation system.

The thesis consists of three chapters:

Chapter 1 gives an overview of the various components of the GBAS landing system, of the required navigation performance (RNP) requirements for different flight segments and advantages of a GBAS compared to other navigation systems. In addition, the description of a global satellite navigation system and of different augmentation systems are given.

Chapter 2 describes the siting requirements that have to be met in order to install all the GBAS equipment on airport territory.

Chapter 3 points out one potential site for GBAS on Tallinn Airport's property. An analysis is performed in order to assess the compliance of the site with the requirements. Exact locations are determined for all GBAS equipment.

The result of the thesis is to offer Tallinn Airport a solution to supplement their development plan and to carry out further studies in order to implement the ground based augmentation system.

LENNUREISIJATE BRONEERINGUINFO TÖÖTLEMISE PRIVAATSUSRISKID JA ISIKUANDMETE KAITSEMEETMED

ANNETT SAARIK

Juhendaja Dan Bogdanov (PhD), konsultant Nele Andresen

Märksõnad: broneerimissüsteem, broneerimissüsteemi andmed, lennureisija andmete turvalisus ja töötlemine, privaatsusriskid, lennureisija andmete regulatsioonid

Reisijate broneerimissüsteemi andmed, edaspidi PNR (*passenger name record*), sisaldab infot konkreetse reisi kohta, reisija kohta ja ettevõtte kohta, mis broneeringut vahendas. Andmeid hoiustatakse reisi- või lennufirmade poolt volitatud ettevõtetes, mille kaudu on pilet broneeritud. Iga ettevõtte pädevuses on otsustada, millise kasutajaliidese, andmebaasi või süsteemi arhitektuuriga andmeid koguda ja hoiustada. Andmete hoiustamiseks ja käitlemiseks on hetkel IATA ja ICAO poolt antud üldised juhised. Need juhised on Euroopa Lennundusohutusamet (EASA) poolt kinnitatud ja on kasutuses lennundus-seadustes, mida peavad järgima kõik lennundusega seotud ettevõtted, kes kasutavad või töötlevad reisijate delikaatseid andmeid. Hetkel on Euroopal Kanada, Ameerika ja Austraaliaga vastastikune leping, mis reguleerib PNR jagamist kolmandate osapooltega.

Lõputöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis kirjeldatakse andmeid, mida lennundusettevõtted koguvad ja analüüsitakse nende andmete vastavust Euroopa Liidu andmekaitse seadustega. Teises peatükis analüüsitakse kokkuleppeid Euroopa Liidu ja kolmandate riikide vahel. Viimasest peatükis kirjeldab autor enda loodud tarkvara prototüüpi PNR-andmete töötlemise privaatsusriskide vähendamiseks ja isikuandmete turvalisuse tagamiseks.

Lõputöö eesmärgiks on kirjeldada PNR-andmete käitlemissüsteeme ning analüüsida võimalusi süsteemi privaatsusriskide vähendamiseks ning hinnata, kas PNR-andmete jagamist ja töötlemist on võimalik teha turvaliste ühisarvutuste abil. Turvalisel ühisarvutusel põhinevates infosüsteemides saab teha riskianalüüsi ilma üksikisiku kirjeid nägemata. Sellega on mitmetes valdkondades õnnestunud sooritada senisest parem isikuandmete kaitse ning vastavus Eesti ja Euroopa andmekaitseõuetega.

A. Saarik. *Lennureisijate broneeringuinfo töötlemise privaatsusriskid ja isikuandmete kaitsemeetmed: lõputöö, juhendaja Dan Bogdanov (PhD), konsultant Nele Andresen. Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.*

Kasutatud kirjanduse nimekiri sisaldab 27 allikat.

SUMMARY

PRIVACY RISKS AND DATA PROTECTION CONTROLS IN PASSENGER NAME RECORD PROCESSING

Keywords: Passenger Name Record, Global Distribution System, privacy risks and data protection, passenger data, data processing, regulations and guidelines

The purpose of this graduation thesis is to analyze the current use of flight passenger data, especially the use of passenger name record (PNR). This research is motivated by the increasing use of passenger name records in law enforcement and in the new laws regulating the processes and enabling additional use and sharing of PNR data.

The thesis comprises three chapters. The first two chapters deal with the different aspects of PNR data usage. In the third chapter the author introduces the prototype that investigates the possibilities of improving the privacy guarantees of matching PNR records against blacklists. The prototype was built using a secure multi-party computation framework *Sharemind*. It achieves cryptographic privacy.

In the first chapter, the author explains PNR, its usage and processing by analyzing a number of International Civil Aviation Organization (ICAO) and International Air Transport Association (IATA) documents. The chapter details the parts of a PNR record, surveys data protection regulation and deduces the main privacy concerns relating to collecting and storing PNR. In addition, there is an overview of the methods of PNR data transfer between the global distribution system (GDS) or the departure control system (DCS) as an airline system and a government IT system. Furthermore, the thesis analyses how PNR data is transferred between airline companies and government institutions.

Chapter two is subdivided into three parts. The first is about the three international agreements detailing PNR data sharing between the European Union, Canada, America and Australia. The second part is about the plans for the future use of PNR data in Estonia. The last part is about the companies that develop GDS or DCS systems and about the functional requirements and guidelines for the systems.

The final chapter presents an experimental prototype that was developed for this thesis. Chapter three first introduces the *Sharemind* secure multi-party computation framework that lends its cryptographic confidentiality to our

prototype. The prototype itself is described through the implemented functionality, deployment model and, finally, the runtime efficiency that was tested on the author's personal computer.

The thesis concludes by stating that even though the prototype successfully implements privacy-preserving blacklist lookups, further research is needed to validate the use of the secure multi-party computation in real-world PNR application that can perform more complex analyses.

ÕHUSÕIDUKI JUHTIMINE

SAATEKS

Kui lennundusprofessionaalilt küsida, mis on esimene asi, mis talle seostub sõnaga lennundus, siis „õige vastus“ peaks olema ohutus – lennuohutus. Viimasel kahel aastal lennunduses juhtunu põhjal võib paratamatult tekkida arusaam, et lennuohutus on viimasel ajal teinud vähikäiku. Eriti reljeefselt meenuvad suurte hukkunute arvuga õnnetused: Malaysian Airlines lennuki (MH370/MAS370) kadumine India ookeani kohal, teise Malaysian Airlines lennuki (MH17/MAS17) allatulistamine Ida-Ukraina kohal ning Germanwingsi lennuki (4U9525/GWI18G) katastroof Prantsuse Alpides. Nimetatud õnnetused tunduvad esmapilgul erinevad ja nende põhjused võrreldamatud. Samas on nende kõikide õnnetuste üldistatud põhjus üks ja seesama – ootamatu ja ettenägematu inimlik tegur. Kuigi MH370 põhjused ei ole tänaseks teada, viitavad teadaolevad asjaolud sellele, et lennuki asukoha maapealset määramist abistavad pardaseadmed lülitati tahtlikult välja ning lennuk piloteeriti eemale asustatud piirkondadest India ookeani kohale. Nimetatud õnnetusi ei suutnud ära hoida aastakümnete pikkused ponnistused lennuohutuse vallas, tänapäevased lennufirmade ohutuspoliitikad, -põhimõtted ja protseduurid, mis omakorda tekitab teatava abitusetunde. Tõenäoliselt ei olegi õige nimetatud katastroofe käsitleda klassikaliste õnnetusjuhtumitena, vaid kuritegelike terroriaktidena, mis läheb juba lennujulgestuse temaatikasse. Muutuv maailm dikteerib uued mängureeglid ning seab lennuohutuse ja -julgestuse ning kogu ülejäänud lennundusvaldkonna silmitsi uute väljakutsetega. Eeltoodud juhtumite põhjal võib välja tuua kaks teemat. Esiteks, konfliktikollete lisandumine ja ägenemine ning selle mõju lennundusele. Teiseks, lennunduse vastu suunatud rünnakud seestpoolt ehk lennunduses töötavate inimeste poolt sooritatud kuriteod.

Positiivsemate nootidega jätkates. Eesti Lennuakadeemia (akadeemia) püüab ajaga kaasas käia ning panustada omalt poolt lennuohutuse edendamisse lennundusspetsialistide koolituse kvaliteedi ja nende erialase ettevalmistuse tõstmisega. Esiteks on muudetud õhusõiduki juhtimise eriala vastuvõtu-protsessi. Kui eelnevalt toimus piloodierialadele psühholoogiliselt sobivate kandidaatide vahel seleksioon peaaesjalikult nende omavaheliste akadeemiliste võimekusnäitajate võrdluse teel, siis alates 2014. aastast omab tähtsat rolli ka vestlus. Vestluse käigus hinnatakse kandidaatide motivatsiooni ning nende sobivust piloodierialale õppimaasumiseks ning hilisemaks töötamiseks. Hindajateks on lennuinstruktorid, tegev lennuki- ja kopteripiloodid ning suurte kogemustega endised piloodid. Teiseks on muudetud õhusõiduki juhtimise eriala õppekava. 2015. aastal sisse astunud tudengid asuvad õppima erialaaineid teise kursuse kevadsemestril. Lennupraktikaga alustatakse teise ja kolmanda kursuse vahelisel suvel. Selle tulemusel jaguneb õppekoormus kursuste lõikes

ühtlasemalt. Üliõpilastel on rohkem aega erialaainetesse süvenemiseks ja lennupraktikal omandatavate oskuste kinnistumiseks. Õppekorralduse muutus toob õppekavasse tagasi ka lõputöö. Kolmas väljaõppe taset puudutav parendus on kopteri lennutreeningseadme (Helicopter FNPT II MCC) soetamine akadeemiale. Treeningseade võimaldab lisada koolitusprogrammi lennumeeskonna koostöö koolituskursuse (MCC) ja loob alused, et tulevikus viia kopteripilootide õpe liinipiloodi integreeritud kursuse (ATPL(H)) tasemele. Komisjoni määrus (EL) nr 1178/2011 lubab kopteri liinipiloodi integreeritud kursuse lennuõppe kogumahust (150 tundi) 35 tundi läbida kopterite lennumeeskonna koostöö funktsioonidega II taseme lennuimitaatoril (FNPT II MCC). Sealhulgas sisaldub lennumeeskonna koostöö koolituskursuse (MCC) 10 tundi, mille läbiviimine on ainuvõimalik vähemalt FNPT II MCC tasemel lennuimitaatoril. Treeningseade võimaldab läbi viia koolitusi ka PPA lennusalga ja Eesti Õhuväe tegevpilootidele.

Kui 2015. a akadeemiasse vastu võetud õhusõiduki juhtimise eriala tudengid kirjutavad jälle lõputöö, siis 2015. a kevadel kaitsesid III kursuse üliõpilased veel uurimistöid. Tulenevalt asjaolust, et neljal tudengil kursuselt oli juba kõrgharidus, pidi uurimistöö kirjutama kuus üliõpilast. Nagu traditsiooniks saanud, oli teemade ring lai. Analüüsiiti akadeemia vastuvõtuprotsessi, ülikerglennukite ja purilennukite regulatsiooni, uuriti tegevpilootide teadmisi käitamisel jäätumistingimustes ja loodusest „laenatud“ kuju mõju tiiva aerodünaamikale jne. Tööde tase oli varieeruv ehk alati saaks paremini. Teemade mitmekesisus on meie hinnangul lisaväärtus, millel on positiivne mõju kogu erialasele koolitusele. Avarduvad üliõpilaste teadmised ja silmaring, omandatakse avaliku esinemine algtõed ning kogemused, traditsiooniliselt ollakse retsensendiks oma kursusekaaslaste uurimistöödele.

Jaan Annus

Lennukoolitusosakonna teooriakoolitusjuht

EESTI LENNUAKADEEMIA ÜLIÕPILASTE ISIKSUSEOMADUSTE JA ÕPITULEMUSTE VAHELISTE SEOSTE UURIMINE

MIHKEL GILL
Juhendaja Aavo Luuk (PhD)

Märksõnad: isiksuseomadused, õpitulemused, isiksuse test

Sissejuhatus

Lennundus nõuab täpsust, selles valdkonnas eksimisruumi ei ole. Ühe inimese otsusest sõltuvad paljude inimeste elud. Seega on väga oluline, missugused inimesed lennunduses töötavad. Valiku juures tuleb teha kõik võimalik, et vältida mittesobivate inimeste sattumist lennukoolidesse ning sealt edasi lennundusettevõtetesse. Juba lennunduse algusaastatest on lendurite valiku juures tähelepanu pööratud tervisele ning vaimsele võimekusele. Alles viimase paarikümne aasta jooksul on hakatud tähelepanu pöörama ka isiksuseomadustele. Isiksuseomaduste määramiseks on koostatud palju erinevaid teste, mis aitavad hinnata iga inimese olemust. Pilootide puhul on analüüsitud ka isiksuseomaduste ning õpitulemuste vahelisi seoseid. See on vajalik selleks, et kandidaatide selekteerimisel teha parim valik. Leida inimesed, kes saavad järgnevatel aastatel õppetööga ja pärast ka lenduri ametis hästi hakkama. Kui selle juures määrata ära, mis isiksuseomadused mängivad õppetööga hakkama saamise suhtes suurimat rolli, siis on hea tulevikus kandidaatide testimisel nendele tähelepanu pöörata. Kuna lennundus ei ole ainult piloodid, siis on oluline analüüsida ka teiste erialade inimesi.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli leida olulisi seoseid Eesti Lennuakadeemia üliõpilaste isiksuseomaduste ning nende õpitulemuste vahel. Isiksuseomadused sai määratud sisseastumisel kasutatava EPIP-NEO isiksuse-testiga, mille peavad täitma õhusõidukijuhtimise ning lennuliiklus-teeninduse erialale kandideerijad. Nendele tudengitele, kes 2015. aasta jaanuari seisuga kuulusid lennuakadeemia nimekirja, aga kes polnud sisseastumisel seda testi täitnud, saadeti link, mille kaudu oli võimalik internetikeskkonnas seda testi täita. Olemasolevate andmete ning töö käigus kogutud andmete põhjal tehti analüüs, millega otsiti korrelatsioone isiksuseomaduste ning õpitulemuste vahel.

Sisu ja tulemused

Töö esimeses peatükis antakse ülevaade isiksuse olemusest. Selgitakse suure viisiku põhimõtet ning kirjeldatakse lähemalt isiksuseomadusi.

Teises peatükis käsitletakse lennuakadeemias kasutuses olevat hindamis-süsteemi. Välja on toodud eristav ja mitteeristav hindamine. Kirjeldatakse erinevate hinnete saamise nõudeid ning selgitatakse keskmise kaalutud hinde kujunemist.

Kolmas peatükk kirjeldab uurimismeetodeid, selgitades küsimustiku ülesehitust, statistilise analüüsi meetodeid ja uurimuses kasutatud valimit.

Neljas peatükk annab ülevaate saadud tulemustest ning kirjeldab leitud seoseid. Kirjeldatakse valikuga üliõpilaste isiksuseomaduste ning õpitulemuste vahelisi seoseid, valikuta üliõpilaste isiksuseomaduste ning õpitulemuste vahelisi seoseid ja ka ühtse grupi isiksuseomaduste ning õpitulemuste vahelisi seoseid.

Viies peatükk analüüsib leitud tulemusi ja arvutatud korrelatsioone, proovib selgitada tekkinud seoseid ning annab soovitusi võimalike tulevaste uuringute teostamiseks.

Uurimistöö käigus selgus mitmeid seoseid isiksuseomaduste ning õpitulemuste vahel. Tulemusi vaadates on näha, et kõik neurootilisuse ning meelekindluse alaskaalad on tugevas seoses keskmise hindega. Seega, mida väiksem on üliõpilase neurootilisuse tase ja mida kõrgem meelekindluse tase, seda kõrgemad hinded. Lisaks nendele kahele on keskmise hindega tugevas seoses ka avatus ning sotsiaalsus. Ainuke suure viisiku isiksuseomadus, mis ei ole seoses keskmise hindega on ekstravertsus. Sellest võib järeldada, et pole vahet, kas inimene on rohkem seltsivam või rohkem kinnine, see tema keskmist hinnet ei mõjuta.

Kokkuvõte

Antud uurimistöö eesmärgiks oli leida seoseid Eesti Lennuakadeemia üliõpilaste isiksuseomaduste ning nende õpitulemuste vahel. Lisaks anti töös soovitusi, mida uute sisseastumistestide tulemuste puhul jälgida.

Keskenduti kolmele grupile, kus analüüsiti eraldi isiksusetesti sisseastumisel sooritanud üliõpilasi ja sisseastumisel isiksusetesti mitte sooritanud üliõpilasi ning neid kui ühise grupina. Antud uurimistöö jaoks sai kasutatud 231 inimese andmeid 277 Lennuakadeemia üliõpilasest, mis on väga hea valim korralike

järelduste tegemiseks. Korrelatsioone arvutades tulid välja mitmed tugevad seosed erinevate isiksuseomaduste ning õpitulemuste vahel. Nendele andmetele toetudes on võimalik ennustada sisseastumisel tehtud isiksusetesti tulemuste alusel potentsiaalse üliõpilase hakkama saamist lennuakadeemias. Kuigi tuleb meeles pidada, et sajaprotsendilist kindlust selle koha pealt ei saa kunagi anda. Nimelt on põhjus selles, et testidest saadud tulemused kehtivad täielikult ainult täitmise päeval. Hilisemad muudatused või keerulised olukorrad üliõpilaste eludes võivad tekitada võrreldes ennustustega erineva olukorra.

Tulemuste põhjal võib öelda, et paljudel õpitulemustel on seos paljude isiksuseomadustega. Kui antud tähelepanekuid jälgida edaspidistes sisseastumistestides, siis on võimalik valida heade eeldustega tudengid.

M. Gill. *Eesti Lennuakadeemia üliõpilaste isiksuseomaduste ja õpitulemuste vaheliste seoste uurimine: uurimistöö, juhendaja Aavo Luuk (PhD). Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.*

Kasutatud materjalide loetelu sisaldab 18 allikat.

SUMMARY

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE PERSONALITY OF THE STUDENTS OF ESTONIAN AVIATION ACADEMY AND THEIR ACADEMIC PROGRESS

Keywords: personality traits, academic progress, personality test

The purpose of this thesis is to study the relationship between the personality traits of the students of Estonian Aviation Academy and their academic progress. Recommendations what to pay attention to in regard to entrance examinations in the future are also provided.

Three different groups of students were analysed. The first group comprised the students who had taken the personality test before. The second group comprised the students who had not taken personality test when applying for Estonian Aviation Academy. And the third group is the combination of the first two groups. The sample of the analysis includes 231 students out of 277 students studying at Estonian Aviation Academy in January 2015. It is a solid sample for making conclusions about the relationships found. When analysing the results, many strong relationships were found. It is possible to make predictions about the student's future based on correlations found, but it has to

be kept in mind that there might be some changes or difficult times in a student's life which could change him/her. The new situation might not match the predicted situation.

The first chapter of the thesis explains the meaning of personality, describing it from the Great Five perspective. Also, an overview of the five traits and their subscales is given.

The second chapter of the thesis gives an overview of the evaluation system used in Estonian Aviation Academy in 2014 and 2015. It describes the principles used when assessing students, and, it also explains how the average grade is found.

The third chapter describes the sample used, looks at the personality test used at the Academy and explains the methods used for statistical analysis.

The purpose of the fourth chapter is to show the results which were found when analysing the data. The relationships between the personality characteristics and academic success were found within three groups. The first group comprised the students who had taken the personality test when applying for Estonian Aviation Academy. The second group comprised the students who had not taken the personality test before entering Estonian Aviation Academy, or they had taken it but had not been successful. And the third group was formed by uniting the two groups and analysing them as one group.

The fifth chapter analyses the results found and gives recommendations how to make a new research.

MAAPEALSETE JÄÄTÖRJEVAHENDITE KASUTAMINE EESTI LENNUNDUSES

LEMBITU LÜKK
Juhendaja Meelis Koovit

Märksõnad: lennuohutus, jääeemaldus, jäätumisvastane töötlus, küsitlus

Sissejuhatus

Lennundusel on tänapäeva majanduses oluline roll, olles kiireim transpordiviis inimestele, kaupadele ning postisaadetistele. Alates algusaastatest on seistud silmitsi erinevate raskustega, luues võimalikult hästi funktsioneerivat ning sealjuures ohutut süsteemi. Tehnoloogia on praeguseks ajaks arenenud nii kaugele, et lennuohutuse nõrgimaks lüliks on saanud inimene. Pilootide töös tuleb vastu võtta väga palju otsuseid, millest võib tuleneda vahe katastroofi ning ohutu lennu vahel. Üheks selliseks oluliseks momendiks on maaapealsete jäätörjeprotseduuride kasutamine enne õhkutõusu. Mõningates olukordades võib nimetatud protseduur tunduda tülikas ning aeganõudev, mistõttu võib esineda olukordi, kus see tahetakse ära jätta või teha poolikult. Motiivid selleks võivad olla pilootide liigne enesekindlus, teadmatus või ajaline surve.

Uurimistöö eesmärgiks on uurida Eestis tegutsevate lennuettevõtjate AS Estonian Air, Fort Aero AS ning Panaviatic AS pilootide tõekspidamisi jäätörjeprotseduuride kasutamise kohta. Selleks viis autor läbi vastava arvamusküsitluse internetikeskkonnas. Ühtlasi proovitakse selgusele jõuda, kas küsimustikus osalevate pilootide seas on neid, kes teevad põhjendamatult mitteohutuid otsuseid jäätörjeprotseduuride rakendamisel.

Töös keskendutakse lisaks praktilise küsitluse analüüsimisele ka jäätörjeprotseduuride vajalikkuse teoreetilisele poolele. Selleks kasutatakse erinevate asjakohaste õigusorganite nagu EASA, ICAO, AEA ning SAE poolt välja antud dokumente, soovitusi ning normatiive. Nende alusel antakse teoreetiline pilt, mida on vaja mõistmaks jäätörjeprotseduuride sisulist poolt.

Uurimistöö koosneb neljast peatükist, kus esimeses kirjeldatakse lühidalt, milline on jäätumise mõju lennukile, teises peatükis käsitletakse jäätörjavedelike kasutamist, kolmandas peatükis tuuakse lühidalt ära EASA poolt sätestatud soovitusel kahtajatele ja pilootidele jäätörjeprotseduuride kehtestamisel ja kasutamisel ning töö neljandas peatükis analüüsib autor läbi- viidud küsitluse tulemusi ning teeb nende alusel järeldused.

Sisu ja tulemused

Kui maapealsete protseduuride käigus ilmneb vajadus teha lennukile jäätõrjeprotseduure, teeb lõpliku otsuse selle kohta lennuki kapten. Tulenevalt kapteni kohustusest, vastutab ta lennu ohutu läbiviimise eest lennuki uste sulgemisest lähtelennuväljal kuni mootorite seiskumiseni sihtlennuväljal. Langetades otsust jäätõrjemeetmete rakendamise kohta, peab ta tuginema käitaja lennutegevuskäsiraamatus toodud käitamisprotseduuridele. Suurt rolli selle juures mängivad sellised faktorid nagu tiibade temperatuur, välisõhu temperatuur, jäätõrjeplatsi asukoht, valdavad ilmastikutingimused ning ilma prognoos. Et silmas tuleb pidada väga paljusid erinevaid tingimusi, võib pidada antud otsuse tegemist kogemuste põhjal paranevaks oskuseks, mis tihti peale baseerub rohkem praktilal ning vähem standardprotseduuridel.

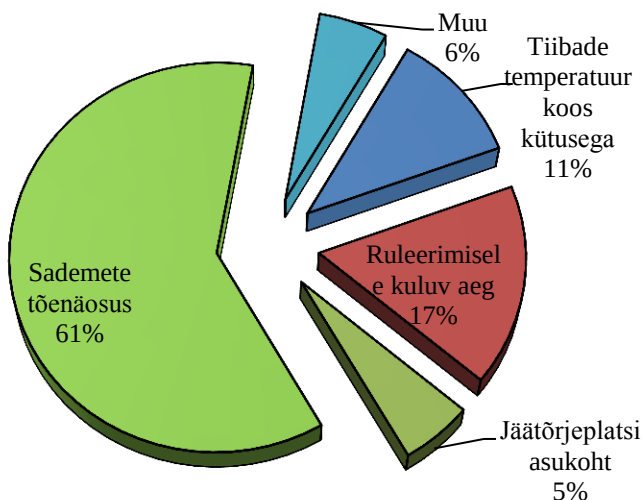
Kuna piloodid ei pea olema sügavuti kursis jäätõrjeprotseduuride sisulise olemusega ning kuidas on käitaja protseduurid välja töötanud, siis piirduv nende jaoks suures osas vajalik teadmine „puhta lennuki“ põhimõtte tundmisega. Lennuki ülevaatus käigus peab piloot visuaalselt veenduma, et lennuki pindadel puudub ladestus ning vajadusel ka käega katsudes selles veenduma. Kui see pole võimalik, langeb nimetatud kohustus maapealse teeninduse vastutusalasse ning piloodi vahetu kokkupuude jäätõrjeprotseduuriga väheneb veelgi. Sellest tulenevalt oli autori meelest arvamusküsitlus kõige parem viis adekvaatse ülevaate saamiseks pilootide seisukohast antud teemal.

Eesmärgiks püstitati uurida Eestis töötavate pilootide arvamust jäätõrjevahendite kasutamise kohta tinglikult ohututes oludes. Ühtlasi sooviti selgusele jõuda, kas küsitluses osalevate pilootide seas on neid, kes teevad põhjendamatult vähem ohutuid otsuseid. Veel taheti teha kindlaks, mis on tegevpilootide meelest kõige olulisem faktor jäätõrjeprotseduuride vajaduse hindamisel ning kuidas võib mõjutada otsust jäätõrjeplatvormi asukoht.

Küsimustikus osales kokku 16 pilooti erinevatest Eesti tegutsevatest lennufirmadest. Kokku oli selliseid piloote 87, kellelt oodati vastukaja, seega vastamisaktiivsus oli 18,4%. Arvestades pilootide töö iseloomu, võib ette antud aja jooksul lugeda sellist tulemust ootuspäraseks.

Kuna valdava osa pilootide meelest sai määravaks jäätumisvastase töötluse osas otsuse langetamisel võimalike sademete esinemise tõenäosus, lasub lennujaama ilmateenistusel väga kaalukas ülesanne METAR- ja TAF-teadaannete väljatöötamisel. Selline tulemus on osaliselt ootuspärane, sest jäätumisvastase

töötluste eesmärk tuleneb sademete olemasolust või esinemise tõenäosusest. Lennuvälja regulaarse ilmateate ning lennuvälja ilmaprognoosi lugemisel saab küll üldise arusaama valdavatest ilmastikutingimustest, kuid sellest ei pruugi igas olukorras täieliku situatsiooniteadlikkuse loomiseks piisata. Abiks võib keerulisematel juhtudel olla teadmised ilmastiku kujunemise kohta. Seega on soovituslik pilootidel läbida koolitusprogramme ning täienduskoolitusi meteoroloogiast laiemalt.



Joonis 1. Faktorid, mis mõjutasid otsust jäätumisvastast töötlust teha

Küsimustiku vastuseid analüüsid ilmnes, et suur osa vastanud pilootidest peab jäätörjeplatsi asukohta oluliseks. Asetsemine raja alguse vahetus läheduses tähendaks oluliselt vähenenud aega, mil lennukit ohustavad jäätunud sademed pärast jäätörje protseduure. Ühtlasi võimaldab saavutatav ajavõit suurendada jäätörjeprotseduuri efektiivsust seeläbi, et HoT aeg ei lõppe pika rajale ruleerimise ega järjekorras ootamise ajal, mil see peamiselt juhtub. Tulemustest lähtuvalt julgub autor soovitada lennujaamadel rajada vastavad jäätörjeplatsid vahetult raja lähedusse, kus seda veel rakendatud ei ole. Selle kasulikkus väljendub HoT aja paremas kasutuses ning pilootide arvates vajatakse paljudes olukordades väiksema tõenäosusega maapealset jäätumisvastast töötlust.

Püstitatud probleemsetes tüüpsituatsioonides otsutas valdav enamus vastajaist ohutuse tagamiseks jäätõrjeprotseduuride kasuks. See annab mõista, et üldine pilootide suhtumine jäätõrjevahendite kasutamisse on ratsionaalne ning suunatud ohutusele. Ühtlasi ilmnes ka antud vastajate valimi juures ekstreemseid näiteid, kus võib lugeda pilootide otsuseid põhjendamatult ohutusest eemale kalduvaks. Ühtlasi ignoreerisid riskialtid piloodid 3.2 peatükis toodud EASA soovitusi teha lennukile jäätumisvastane töötus, kui ilmneb märkimisväärne tõenäosus jäätuvate sademete esinemiseks lennuki õhkutõusu ajal. Sellega sai täidetud autori eesmärk ning tehti kindlaks, et Eesti lennunduses leidub põhjendamatult mitteohutuid valikuid tegevaid piloote.

Kokkuvõte

Uurimustöös antakse esimese kolme peatükiga teoreetiline ülevaade jäätõrjeprotseduuride vajalikkusest õhkutõusu eelselt. Käsitletakse jäätumise mõju lennukile, milline on mõju jõudude vahekorrale ning tutvustatakse „puhta lennuki“ mõistet. Ülevaاتlikult kajastatakse kasutatavate jäätõrjevedelikega seonduvat teooriat. Teoreetilise käsitluse lõpetab ülevaade EASA poolt kehtestatud soovitustega käitajale protseduuride kehtestamiseks ning pilootidele suunatud soovitustega.

Tööle seatud eesmärk uurida pilootide tõekspidamisi jäätõrjeprotseduuride kasutamise vajalikkuse kohta sai praktilises osas soovitud tulemuse. Küsimustiku vastuste analüüsi käigus selgus, et suurem osa pilootidest peab vajalikuks ka tinglikult ohututes oludes jäätõrjeprotseduuride rakendamist. Kõige olulisemaks faktoriks antud otsuse langetamise juures on vastajate meelest sademete esinemise tõenäosust. Piloodid leidsid ka, et jäätõrjeplatvormi asukohast tulenevalt võib mõningates olukordades olla väiksem tõenäosus vajadusele jäätumisvastase töötuse järele, kui jäätõrjeplatvorm asetseb lennuraja vahetus läheduses. Vastuste analüüsi käigus tuli ka välja, et valimi hulgas leidsid selliseid piloote, kes langetavad põhjendamatult mitteohutuid otsuseid.

Olenemata küsitluse mastaabist, loeb autor selle õnnestunuks, sest seatud eesmärgid said täidetud ning vastustes olid esindatud väga erinevad seisukohad. Ühtlasi leiab autor, et antud teemat tuleb lähemalt edasi uurida. Vastuseid tuleb koguda pikema aja jooksul ning võimaldada tuleb vastajatele seisukohtade väljendamist oma sõnadega. Selliselt on võimalik välja selgitada, millistes olukordades konkreetsemalt ja miks mõned piloodid langetavad mitteohutuid otsuseid ning tulemustest lähtuvalt saaks pakkuda välja lahendusi selliste nähtuste vältimiseks tulevikus. Saadavate tulemuste alusel saab anda soovitusi

pilootide koolitusprogrammide läbiviimiseks nii alg- kui ka täiendkoolituste näol, sest läbi koolituste on võimalik lennuettevõtjatel pilootide käitumist muuta. Ühtlasi väärib uurimist, milline seos kehtib pilootide seniste koolituste ja vastuste vahel.

L. Lükk. *Maapealsete jäätõrjevahendite kasutamine Eesti lennunduses: uurimistöö, juhendaja Meelis Koovit.* Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.

Kasutatud materjalide loetelu sisaldab 15 allikat.

SUMMARY

THE USE OF DE-ICING/ANTI-ICING PROCEDURES IN ESTONIAN AVIATION

Keywords: flight safety, de-icing, anti-icing, inquiry

The aim of this research paper is to find out what are the main beliefs of pilots working for Estonian operators concerning the use of de-icing and anti-icing procedures. In many situations these procedures may be considered too time consuming and may be done with little respect to the desired outcome. In order to attain the goal the author conducted an inquiry.

The main body of the research comprises four chapters. In the first three chapters the author covers the necessary theory about de-icing and anti-icing procedures. The first chapter focuses on the impact of icing on airplane characteristics, how it affects the equilibrium of forces and the clean aircraft concept. In the second chapter different types of liquids used for the procedures are discussed. The third chapter gives a general overview of recommendations to operators and pilots laid down by EASA. The final chapter is about the results of the inquiry and the analysis of answers.

In conclusion the goals set by the author were achieved. According to the results most of the pilots deemed necessary to take action against prevailing threat of conditions conducive to ground icing. There were also examples of more risk exposed pilots. As a countermeasure the author proposes that pilots should focus on further training in the field of meteorology. Another conclusion was that airport operators should consider establishing anti-icing facilities near the runway. Also, it was recognized that there exists the necessity of even further inquiry to find out why some pilots make less safety-oriented decisions and how it would be possible to avoid such mistakes in the future.

TERMINITE ÜHTLUSTAMISE VAJADUS PURILENNUNDUST KÄSITLEVATES REGULATSIOONIDES

MARTIN ORUMAA
Juhendaja Kert Kotkas (MSc)

Märksõnad: purilennundus, SERA, purilenduriluba

Sissejuhatus

Purilennundus on Eestis pikkade traditsioonidega ning eriti populaarne oli see Nõukogude Liidu ajal. Ka praegusel ajal on Eestis palju entusiaste, kes korraldavad purilennutegevust nii Ridalis, Viljandis kui ka Narvas. Kuna tegemist on lennundusalase tegevusega, reguleerib seda nii EASA läbi Euroopa Komisjoni määruste kui ka Eesti Lennundusseadus ning ministrite määrused.

Enne 2012. aastat puudus Euroopa Liidus ühtne purilennundust käsitlev seadusandlus. Antud valdkond oli iga riigi enda reguleerida. Kuid 2012. aastal tutvustati Euroopa ühtseid lennureegleid (SERA), mis eelmise aasta lõpust kehtima hakkasid, ja EASA Part-FCLi, mis sätestab piloodilubadele ja koolitusele seatavad nõuded. Antud dokumentides on defineeritud purilennundusega seotud mõisteid ja loodud rahvusvaheliselt tunnustatud purilendurilubade klassid. Seoses uute regulatsioonidega on aga tekkinud olukord, kus EASA dokumendid on omavahel vastuolus ning samuti ei ühildu päris täpselt Eestis hetkel kehtiva seadusandlusega.

Küsimusi on tekitanud eelkõige, et mis on EASA definitsiooni kohaselt purilennuk. EASA dokumentides kohtab kolme erinevat definitsiooni ning raske on piiri tõmmata, millistes olukordades kehtib vastav tähendus. SERA definitsiooni kohaselt kuulusid purilennukite alla ka deltaplaanid, paraplaanid ja muud sarnased õhusõidukid. See tekitab küsimusi, kuidas peaks antud õhusõidukite puhul rakendama koolitusnõudeid ja vastavate piloodilubade väljastamist.

Autor on käsitlenud ka moto- (või uuem sõnastus) mootorpurilennundust puudutavat seadusandlust. Seal kohtab samuti erinevaid tõlgendusi ning puudulikku määratlust. Näiteks EASA Part-FCL sätestab, et mootor-purilennukil võib olla mitu mootorit, kuid igal pool mujal on see arv piiratud üheni.

Neid asjaolusid silmas pidades on autor oma uurimistöös analüüsinud ning selgitanud hetkel ja lähitulevikus (moto)purilennundust reguleerivaid seadusi ja määrusi ning selle põhjal koostanud omapoolsed ettepanekud Eestis regulatsioonide tõlgendamiseks.

Sisu ja tulemused

Autor alustab antud teema käsitlemist erinevates regulatsioonides kasutuses olevate purilennundust käsitlevate definitsioonide väljatoomise ning selgitusega. Juba esimeses peatükis ilmnevad vastuolud ning ebakõlad eelkõige erinevates Euroopa Komisjoni määrustes. SERA ehk Euroopa ühtsed lennureeglid defineerib purilennuki kui „õhust raskem õhusõiduk, mille tõstejõud lennu ajal tekib aerodünaamilisest reaktsioonist fikseeritud kandepindadele ning mis ei vaja vabalennuks mootorit; purilennukite hulka kuuluvad ka deltaplaanid, paraplaanid ja muud võrreldavad õhusõidukid.“ Ainuüksi antud seik tekitab küsimuse, kuidas sellele punktile tuginedes tuleks reguleerida kõike seda, mis käsitleb purilennundusalast väljaõpet ning koolitust.

Teises peatükis selgitataksegi lähemalt purilenduri koolitustingimusi, sh hetkel kehtivat Teede- ja Sideministri määrust „Lennundusspetsialistide vanusele ja kvalifikatsioonile, nende koolitusele ja eksamineerimisele esitatavad nõuded ning lennundusspetsialistidele lennunduslubade väljaandmise ja välisriikides väljaantud lennunduslubade tunnustamise eeskiri“ ja 2018. aastal üleeuroopiliselt kehtima hakkavat Euroopa Komisjoni määrust nr 1178/2011. Autor toob välja põhilised erinevused kahe regulatsiooni vahel ning üheks suurimaks muutuseks võib pidada seda, et hetkel kehtiv GPL (*Glider Pilot Licence*) kaotab kehtivuse ning üle Euroopa hakkavad kehtima kaks erinevat, kuid sisult väga sarnast LAPL(S) ja SPL.

Kolmandas peatükis pakub autor välja omapoolsed mõtted-arvamused, kuidas võiks defineerida erinevaid punkte purilennundusalastes regulatsioonides. Nt purilennuk võiks olla ühiselt defineeritud järgnevalt: „õhust raskem õhusõiduk, mille tõstejõud tekib lennu ajal aerodünaamilisest reaktsioonist fikseeritud kandepindadele ning mis ei vaja vabalennuks mootorit; mille maksimaalne lubatud stardimass on 750 kg ning mille pardal viibib korraga kas üks või kaks inimest.“ Nii oleks kaetud põhilised lahknevuspunktid eri regulatsioonide vahel ning sealhulgas oleks ka välistatud mehitamata õhusõidukite liigitamine purilennukite alla.

Kokkuvõte

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli pakkuda võimalikke lahendusi purilennundust käsitlevate mõistete selgemaks määratlemiseks. Selle tarvis analüüsis autor erinevaid purilennundust käsitlevaid regulatsioone ning otsis nii kitsaskohti kui mitmetimõistetavust.

Purilennuki definitsioon kõlas erinevates määrustes ja seadustes mitte üheselt mõistetavalt. Kohati võib purilennukite alla lugeda delta- ja paraplaanid, samuti pole üheselt määratud, kas purilennuki pardal peab lennu ajal inimene viibima või mitte. Mootorpurilennukite puhul pole selge, mitu mootorit õhusõidukil olla võib.

Koolitusnõuete puhul tuleb paika panna, kuidas hetkel kehtiva GPL-loa omanikud endale EASA poolt tunnistatud LAPL(S)i või SPLi saaksid. Samuti, milliste tingimustega pärast 8. aprilli 2018 purilenduri piloodilube väljastama hakatakse.

Autor leiab, et purilennuki definitsioon tuleks Eestis paika panna, võttes arvesse nii purilennuki sertifitseerimistingimused, koolitustingimused kui ka Euroopa ühtsed lennureeglid. Välja tuleks jätta punkt, mis liigitab delta- ja paraplaanid purilennukite alla, sest antud punkt tekitaks koolitus- ja sertifitseerimistingimusi silmas pidades suure hulga segadust.

Käesoleval ajal töötatakse ICAO ja EASA osalusel välja mehitamata õhusõidukite süsteemide regulatsioone, millega lähitulevikus saavad droonid ning ka mehitamata purilennukid tüübile sobiva seadusandluse. Seetõttu oleks selguse huvides vajalik sätestada punkt, mis paneks paika, et purilennuki pardal peab lennu ajal viibima kas üks või kaks inimest.

M. Orumaa. *Terminite ühtlustamise vajadus purilennundust käsitlevates regulatsioonides:* uurimistöö, juhendaja Kert Kotkas (MSc). Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.

Kasutatud materjalide loetelu sisaldab 15 allikat.

SUMMARY

THE NECESSITY OF SYNCHRONIZING DEFINITIONS AMONG REGULATIONS CONCERNING SAILPLANES

Key words: sailplane, SERA, sailplane licence

The aim of this research paper is to analyse the regulations concerning sailplanes and on that basis to suggest methods how to apply these regulations in Estonia.

Until 2012, there were no specific regulations concerning sailplanes, which would set the rules all over the European Union. In 2012 Standardised European Rules of the Air (SERA) and European Commission regulation No 1178/2011 also known as the EASA Part-FCL were introduced. The definition of *sailplane* was introduced in these documents. But unfortunately the definition differed in Part-FCL and in SERA. Also, there was a confusion concerning the powered sailplane.

The present research paper consists of three chapters. Chapter 1 analyses the definitions in different acts of law and seeks for shortcomings of the regulations. Also, it refers to other small aircraft that are relatively alike to the sailplanes. The reason why these types of aircraft are mentioned is because of the definition in the SERA that categorises the hang gliders, paragliders and other comparable craft as sailplanes.

The second chapter analyses the regulations that concern pilot licensing. EASA Part-FCL introduced its requirements for sailplane licenses in 2011 and in 2018 they will apply to all EASA member states. On that basis it would be reasonable to convert the current national licenses to EASA licenses soon, so there would not be any confusion in April 2018.

In chapter three the author analyses all the regulations and suggests methods how to apply EASA regulations in Estonia so that there would not be any ambiguity and different understandings concerning EASA regulations. Also, Estonian Civil Aviation Administration should take some actions and, for example, compose a sailplane owner's leaflet, which would include all the necessary information about the new and old regulations and highlight what is to be kept in mind.

The author concludes that the current situation in sailplane regulations is confusing, but the Estonian Government and Estonian Civil Aviation Administration can improve the situation. It is important to keep the hang gliders and paragliders separate from sailplanes in order to bring clarity to the regulations concerning pilot licensing. Also, the current national sailplane license owners should get EASA licenses with little effort.

LAINELISE ESISERVA MÕJU TIIVA AERODÜNAAMIKALE

KASPAR PUKSAND

Juhendaja Peep Lauk

Märksõnad: tiiva aerodünaamika, tiiva esiserva kuju

Töö eesmärgiks on teada saada, missugused on tiiva omadused võrreldes sirge esiosaga, kui rakendada laineline esiosa. Lisaks vaadeldakse varasemaid uurimistöid antud teemal, et kinnitada nendes otsitud tulemusi või ka kahtlusi.

Hüpoteesiks on, et laineline esiosa parandab Boeing 737-800 tiivaotsa omadusi.

Katses kasutati Boeing 737-800 tiiva otsaosa, millele rakendati uurimistöös leitud optimaalse lainetusega esiosa. Katsed viidi läbi Autodesk Simulation CFD-programmiga ning katsetati kohtumisnurki 0 kraadist kuni 24 kraadini 2-kraadiste vahedega.

Teooriamaterjalideks kasutati sarnastel teemadel varem koostatud uurimistöid ning prooviti leida võimalikult palju rakendust ka antud katsele.

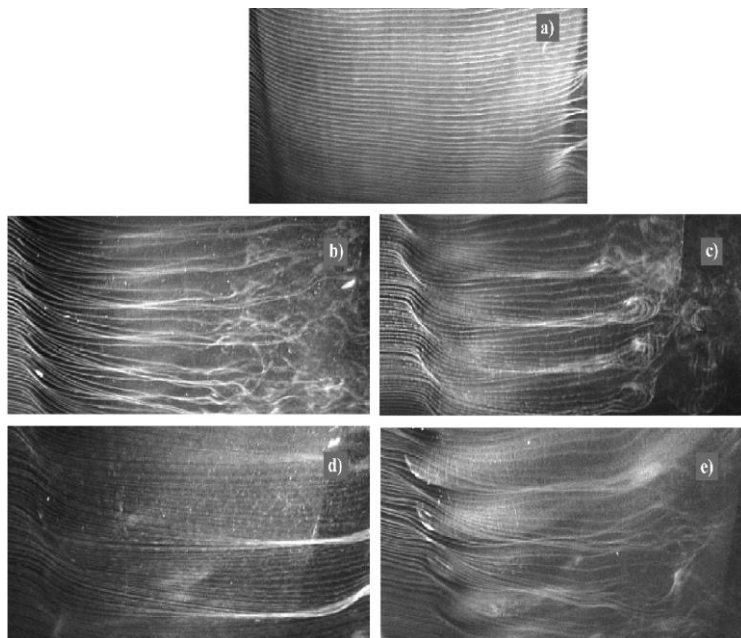
Lainelise esiosa mõju

Lainelise esitiiva puhul saab tõmmata paralleele vortex generaatoritega, mis ergastavad õhuvoolu üle lennuki tiiva ja põhjustavad õhu liikumisel suuremat impulssi, mis aitab õhuvoolul püsida tiiva pinnal, hoolimata halvemast rõhu jagunemisest. Ka tekitatud tõstejõu ja takistuse muudatused on sarnased vortex generaatorite tekitatule. Seega võib pakkuda laineline esiserv alternatiivi tõstejõu ja takistuse modifitseerimiseks madala Reynoldsi arvuga opereerivatele lennukitele. Lisaks tõstejõu parandamisele ja takistuse vähendamisele omab laineline esiserv potentsiaali juhtpindade disainis. Seda peamiselt aga tiibadel, propelleritel ja tuuleturbiinidel. Kuna laineline esiserv lükkab edasi varisemist suurtel kohtumisnurkadel, siis võib see liinilennunduses pakkuda asendust kasutuses olevatele ees- ja tagatiibadele. [2: 43]

Õhuvoolu visualiseerimine erinevate lainepikkuste ja amplituudide korral

Joonisel 1 on näha, et mida väiksem on kühmu lainepikkus, seda lähemal on keerised üksteisele ning seeläbi keerised mõjutavad üksteist rohkem. Mida lähemal on keerised üksteisele, seda suurem on esinev turbulents, mis võib viia suurema impulsside vahetuseni vaba õhu voolu ja pinna voolu vahel. Lisaks võib lainepikkus ja amplituud mängida rolli keerise tugevusele ja hajumise

kiirusele. Mida lähemal on keerised üksteisele, seda ühtlasem on keeriste jagunemine tiiva pinnal, seega ka ühtlasem ja parem õhu kinnitumine tiiva tagumise pinna külge. [1]

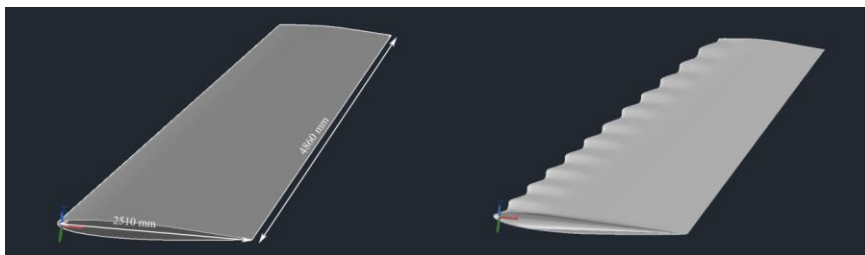


Joonis 1. Vesiniku mullidega kujutis NACA 0021 profiili puhul. a) modifitseerimata tiib; b) A(amplituud) 0,06c, L(Lainepikkus) 0,21c; c) A 0,06c, L 0,43c; d) A 0,06c, L 0,86c; e) A 0,11c, L 0,43c [1]

Katse tingimused

Katses koostati AutoCad programmiga kaks mudelit: üks sirge esiservaga, teine lainelise esiservaga, nagu on näha joonisel 2. Katses kasutati Boeing 737-800 tiiva otsast võetud tükki ning selle tiiva nooljus on $\sim 25^\circ$. Tiiva pikem kõõl oli 2510 mm ja lõigu pikkus 4 860 mm. Kasutati profiili BAC (Boeing Airplane Company) 442, mille suhteline paksus (tiiva paksus / kõõlu pikkus) on umbes 12%. Katse teostamisel simuleeriti olukorda FL 300, kus õhurõhk on 300 mbari ja temperatuuri 0°C , tingituna programmi temperatuuripiirangutest. CFD programmi voolukiiruse piirangutest tingituna kasutati suhteliselt väikest 200 m/s (389 kt) õhuvoolukiirust, mis vastab 0,6 mach'i arvule. Reynoldsi arv oli

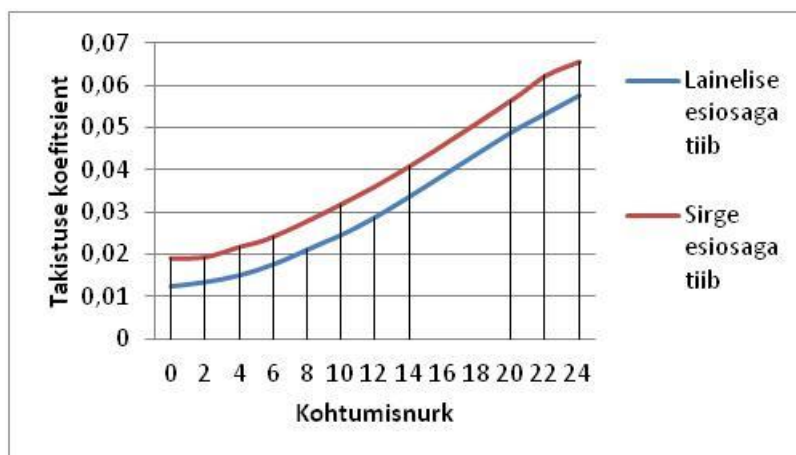
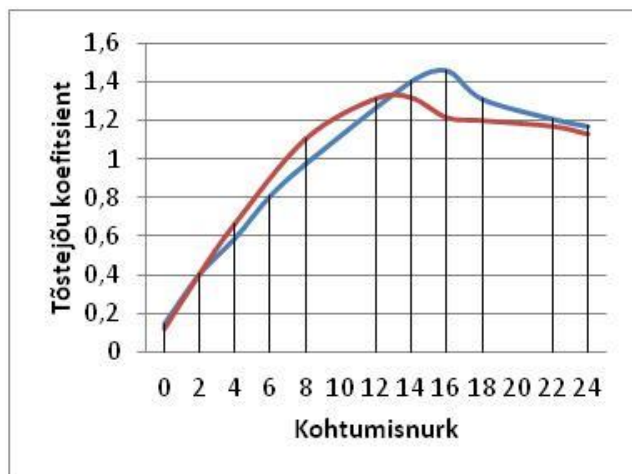
keskmiselt $1,9 \times 10^7$. Programmis kasutati SST k-omega kahevõrrandilist võrrandisüsteemi turbulentsi arvestamiseks ning adveksioonimudelit 5, mis põhineb modifitseeritud Petrov-Galerkini mudelil.



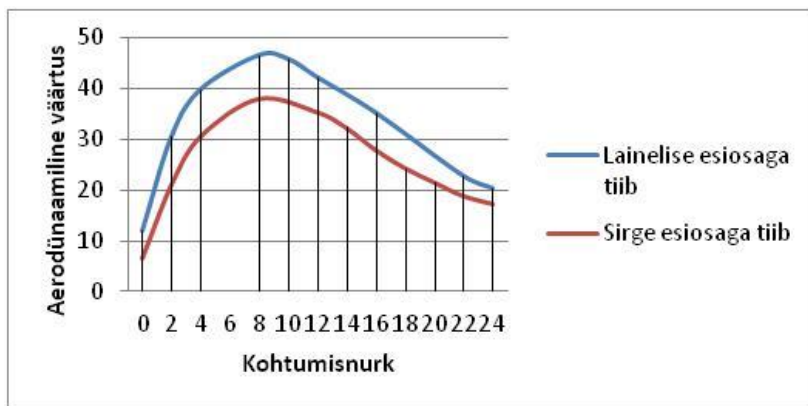
Joonis 2. Modelleeritud sirge esiservaga tiivatükk (vasakul) ja lainelise esiservaga tiivatükk (paremal)

Katse tulemused

Joonisel 3 on näha, et laineline esiserv omab suurematel kohtumisnurkadel, kui 13 kraadi suuremat tõstejõu koefitsienti suurel määral tänu sellele, et tiib kannatab suuremaid kohtumisnurki. Boeing 737-800 tiivaots omab küll suhteliselt väikeseid varisemisomadusi, kuid laineline esiserv tagab selle, et tiib variseb hiljem ja omab kokkuvõttes paremat tõstejõu koefitsienti. Tavaline tiib saavutab koefitsiendi 1,32 ja lainelise esiservaga tiib 1,46. Jooniselt 3 on näha, et lainelise esiservaga tiival on terve katse vältel 15–30 % madalam takistuse koefitsient, mis tagab antud tingimustel ka parema aerodünaamilise väärtuse kõigil kohtumisnurkadel, nagu on näha joonisel 4. Lisaks, kuna mõlemal tiival puuduvad rasked varisemisomadused, siis mõlemate tiivatüüpide korral kasvab takistuse koefitsient suhteliselt ühtlase kiirusega ning väga järskude hüpeteta. Parima aerodünaamilise väärtuse saavutavad lainelise esiservaga tiib ja sirge esiservaga tiib sarnaselt 9 kraadisel kohtumisnurgal. Sirge esiservaga tiib saavutas aerodünaamilise väärtuse 38 ja lainelise esiservaga tiib 46.



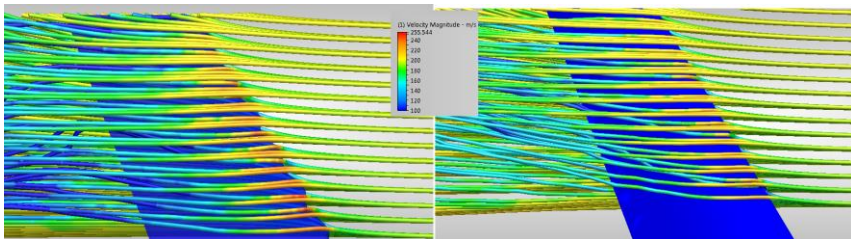
Joonis 3. Tõstejõu ja takistuse koefitsient erinevatel kohtumisnurkadel lainelise ning sirge esiosaga tiibade puhul



Joonis 4. Aerodünaamiline väärtus erinevatel kohtumisnurdadel lainelise ja sirge esiosaga tiibade puhul.

Katse analüüs

Joonisel 5 on näha, et lainelise tiiva esiosas liigub lainete madalamas osas õhk tunduvalt kiiremini, kui tavalise tiiva esiosas. Suurem kiirus on tingitud ilmselt tiiva otstes tekitatud keeristest, mis soodustavad õhuvoolu kinnitumist. Nagu näha, eraldub sirge tiiva keskosas õhk juba 1/3 tiivast, samal ajal, kui lainelise esiosaga tiival alles 2/3 tiivast. Joonisel 5 on näha, et lainelise esiosaga tiib tekitab tunduvalt tugevama alarõhu just laine tipus olevas punktis, mis võib näidata, et tiiva tippudes on suurem õhuvoolu kiirenemine, tänu millele on ka kokkuvõttes tiival suurem tõstejõu koefitsient. Kokkuvõttes annavad lained tänu õhuvoolu märgatavalt suuremale kiirenemisele suurtel kohtumisnurdadel parema tõstejõu. Lisaks on näha jooniselt, et lainelise esiosaga tiiva puhul on õhu tiivapealne pikisuunaline voolamine märgatavalt väiksem, mis võib olla üheks põhjuseks, miks CFD-programm lainelise esitiiva puhul tunduvalt väiksema takistuse arvutab. Teine põhjus võib olla SST k-omega mudeli tendentsis arvestada stagnatsioonipunktis ebaharilikult suurt turbulentsi, mis tekitab ka suuremat takistust. Seega on lainelise esiosaga tiiva puhul tunduvalt väiksem osa, kus õhuvool täielikult pidurdub, sest osakesed pidurdumise asemel kiirenevad laine madalama osa suunas. Reaalsetes tingimustes võib see omadus anda väiksema takistuse erinevuse. Joonisel 5 on näha, et lainelise esiserva puhul jaguneb staatiline rõhk tiiva esiosas lainete järgi. Sirge esiservaga tiiva puhul on ülerõhu jagunemine ühtlane ning korrapärane. Kõik eelnev annab kinnitust, et antud teemat tasub edasi uurida ning tulemused vajavad kinnitust ka tuuletunnelis.



Joonis 5. Tiivapealse õhuvoolu võrdlus 16 kraadise kohtumisnurga juures värvitud õhu kiiruse järgi tiivatüki keskosast otsani. Vasakul lainelise esiosaga tiib paremal sirge esiosaga tiib.

K. Puksand. *Lainelise esiserva mõju tiiva aerodünaamikale:* uurimistöö, juhendaja Peep Lauk. Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.

SUMMARY

EFFECT OF THE SINUSOIDAL LEADING EDGE ON THE PERFORMACE OF THE WING

Keywords: wing aerodynamics, shape of wing leading edge

The purpose of this research paper is to study the effects of swept wings that sinusoidal leading edge might have on the wing performance. The research contains the analysis of the previous research papers and tries to find the best design for the sinusoidal swept wing. Also, the research tries to find out what effect the sinusoidal leading edge has on the tip part of the Boeing 737-800 wing. The tests are carried out in the Autodesk Simulation CFD program and the results were taken on $0^\circ - 24^\circ$ A.o.A.

The results of this paper showed that there are major improvements in performance of the sinusoidal wing. The results showed 25–30 % less drag coefficient and better coefficient of lift on high A.o.A.

LENNUNDUSETTEVÕTTE KÄITAMINE

SAATEKS

Eelmisel õppeaastal käivitusid mitmed muudatused eriala ja majandusmooduli õpetamisel. Analüüsides Eesti Lennuakadeemia õppeinfosüsteemis ainete tagasisidet saab öelda, et üliõpilaste rahulolu majandusainete õpetamisega on tõusnud. Ligikaudu kaks kolmandikku üliõpilastest hindas uusi ainekursusi hindeg A, mis innustab majandusmoodulit edasi arendama samu põhimõtteid järgides.

Uudse arendusena on kavas hakata kasutama äriplaani ja projektikoostamise tarkvara i-Planner. Kevadsemestril kasutati seda pilootprojektina aines Ettevõtluse alused äriplaani finantsosa koostamise hõlbustamiseks. Sisestatud andmete alusel koostab iPlanner automaatselt kasumiaruannete projektsioonid, rahavoogude plaanid, bilansid ning iseloomustab ettevõtte kasumlikkust ja projekti tasuvust. Tagasiside üliõpilastelt oli positiivne ja arvestades selle tarkvara kasutusvõimalusi leiti osakonna poolt olevat tarviliku see laiemalt kasutusele võtta. Lisaks õppetöö mitmekesistamisele on lennundustegevuse korralduse osakond seadnud endale eesmärgiks julgustada üliõpilasi kaaluma võimalust asutada tulevikus oma ettevõtte ja hakata ise endale tööandjaks. I-Planner võimaldab teha ka efektiivselt rühmatöid ja seetõttu saaks seda tarkvara kasutada veel Projektijuhtimise, Turunduse ja Transpordiökonomika õppeainetes. Peale õppejõudude koolitamist on kavas nendes ainetes järk-järgult hakata seda tarkvara kasutama.

Käesoleval aastal kaitsesid oma lõputööd kuus osakonna üliõpilast. Tööd olid koostatud heal tasemel ja hinnati komisjoni poolt kõrgete hinnetega. Positiivne on see, et teemad, millest lõputööd kirjutati, olid piisavalt erinevad ja huvitavad ning nendes kajastuvaid uurimistulemusi on võimalik ettevõtetele kasutada. Parimad nendest on antud kogumikus lühikokkuvõtetena ka ära toodud.

2015. aastal kaitsstud osakonna lõputööd käsitlesid järgmisi teemasid:

- Erivajadustega reisijate teeninduse parandamine
- Koolitussüsteemi parendamine lennundusettevõttes
- Lennuki biokütuse tootmisvõimalused vetikate baasil
- Väsimusriskijuhtimise rakendusplaani väljatöötamine
- Lennuplaani optimeerimise võimalused
- Maapealse teeninduse ohutusjuhtimissüsteemi arendamine

Samuti jätkuvad loengud gümnaasiumites populariseerimaks Eesti Lennuakadeemiat ja siin õpetatavaid erialasid. Ka siin on märgata edusamme, sest lennundusettevõtte käitamise eriala on muutunud sisseastujate jaoks järjest populaarsemaks. Vaadates konkurssi ühele kohale, on eriala tõusnud Eesti Lennuakadeemia pingereas kolmandaks. Samuti on paranenud sisseastujate akadeemiline võimekus, mis lubab eeldada paremat edasijõudmist, vähest väljalangevust ning tublisid lõpetajaid, kes täiendavad töötajate ridu Eesti lennundussektoris.

Priit Pajuste

Lennundustegevuse korralduse osakonna juhataja

ESTONIAN AIRI LENNUPLAANI OPTIMEERIMINE PÕHILIINIDE ULATUSES

MARGRED KÕIMA

Juhendaja Sven Kukemelk (MSc), konsultant Kristel Penu (MSc)

Märksõnad: lennuplaani optimeerimine, ümberistumisvõimalused, koostööpartnerid

Sissejuhatus

Lennufirmade madalad kasumimarginaalid panevad vähendama ettevõtte kulusid ja suurendama tulusid. Kõik teadaolevad vahendid, mis on lennufirmale väikese kulubaasiga, on nii palju kui võimalik kasutuses. Uurimisalune ettevõtte Estonian Air on samuti osaliselt raskustes, oodates Euroopa Komisjonilt heakskiitu loodud rekonstrueerimisplaanile. Läbiviidud analüüs on ettevõttele pigem potentsiaalne tulu- kui kuluallikas.

Antud töös uuritakse Estonian Airi liinivõrgustiku ühte osa – lennuplaani ajagraafikut. Uurimus põhineb Estonian Airi kaheksa põhiliini ajagraafiku optimeerimisel ja uute potentsiaalsete partnerite kasulikkuses lennufirmale. Lennuplaani ajagraafikut kohandatakse eelkõige vastavalt Estonian Airi sihtkoha lennujaamade ümberistumisvõimalustele. Uusi partnereid määratakse vastavalt nende lendude ühenduvusele Estonian Airiga.

Lõputöö on jagatud kolmeks osaks, mis on omakorda liigendatud alapeatükkideks. Esimeses peatükis on kirjeldatud uurimisel põhinevat lennufirmat Estonian Air. Lühidalt antakse ülevaade firma omanikest, lennukipargist, koostööpartneritest ning pikemalt seletatakse lennufirma liinivõrgustikku ja lennuplaani.

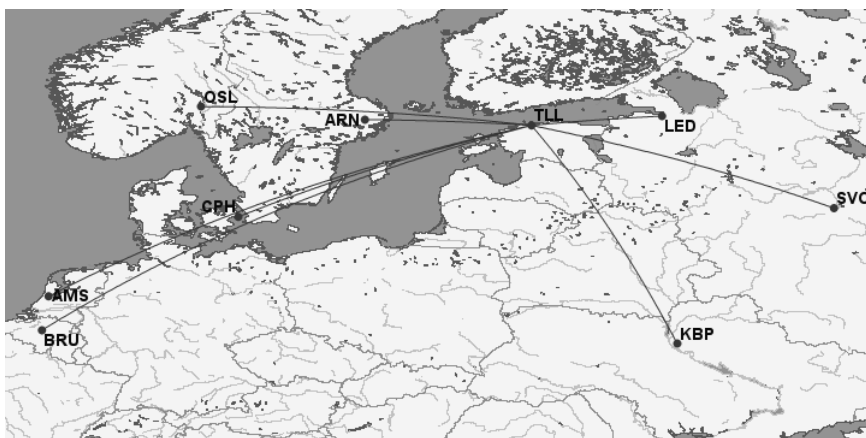
Teises peatükis käsitletakse uurimise praktilist poolt, kus selgitatakse teema aktuaalsust, analüüsis kasutatavate andmete päritolu ja meetoodikat, millisel viisil andmete analüüs läbi viidi. Selle tulemusena luuakse ülevaade sihtkohtade arvust kaheksas lennujaamas, millele on võimalik ümber istuda Estonian Airi lennult või Estonian Airi lennule. Lisaülesandena selgitatakse välja, milliste lennufirmadega Estonian Airil pole (sidusamat) koostööd, aga ühenduvate sihtkohtade arvu poolest oleks ehk vajalik.

Kolmandas peatükis esitatakse ettepanekud Estonian Airile uue lennuplaani ajagraafiku ja koostööpartnerite osas. Ajagraafikus tehti muudatusi kuue liini puhul kaheksast. Koostööpartneriks osutus sobivaimaks ainult üks lennufirma 25 seast.

Lennuplaani analüüs, tulemused ja ettepanekud

Uurimuse põhiosa ehk sihtkohtade arvu väljaselgitamine ja vajadusel kella-aegade muutmine on oluline reisijate arvu suurendamiseks. Kuna Eesti on lennunduse mõistes ääremaa, siis enamikesse sihtpunktidesse Euroopas pole võimalik edasilendusid pakkumata kasumlikult opereerida. Praeguses situatsioonis, kus ka kõige suuremate lennufirmade kasumimarginaalid on mõneprotsendilised, on optimeerimine ja efektiivsus võtmesõnadeks.

Lennuplaani analüüs koostatakse Estonian Airi kaheksa põhiliini sihtkoha lennujaama kohta: Amsterdam, Brüssel, Kiiev, Kopenhaagen, Moskva, Oslo, Peterburi ja Stockholm (Arlanda). Põhieesmärk on selgeks teha, kui palju on firmal praeguse seisuga antud lennujaamades jätkuühendusi ning kas kellaegu muutes tekiks ühendusi rohkem ja kui palju. Uuritakse, milliste lennufirmadega on Estonian Airil lennuühendusi kaheksas lennujaamas (vanade kellaegadega), aga puudub sidusam koostööleping (e-interline-leping).



Joonis 1. Estonian Airi kaheksa põhiliini (Great Circle Mapper 2015)

Analüüsi esimeses osas selgusid lennujaamad, kus oli uuritava kahe tunni sees palju ühendusi ja kus vähem. Kõige rohkem esines ühendusi Amsterdamis lennujaamas, kus keskmine ühenduste arv nädalas oli 52 ja kõige vähem ühendusi oli Kiievi lennujaamas keskmiselt ühe ühendusega nädalas. Samuti toodi välja, kui palju tekib uusi sihtkohti tulenevalt pooletunnisest lennukellaaja muutusest.

Tabel 1. Lennujaamade jätkulendude arvu keskmised kahe tunni jooksul

Estonian Airi sihtkoht	Keskmine jätkulendude arv
Amsterdam	52
Brüssel	28
Kiiev	1
Kopenhaagen	30
Moskva	20
Oslo	21
Peterburi	11
Stockholm (Arlanda)	25

Teises osas selgus, et kõige rohkem ühendub Estonian Airi lendudega Rootsi lennufirma NextJet (seitsme Estonian Airi lennuga). Seejärel ühendub kõige rohkem Taani lennufirma Danish Air Transport kuue Estonian Airi lennuga ja ülejäänud 23 lennufirmaga oli ühendusi poole võrra vähem ja seetõttu muutusid antud lennufirmad mitte niivõrd oluliseks.

Estonian Airile tehakse ettepanekuid uue lennuplaani ajagraafiku ja uute *e-interline*-partnerite kohta. Ajagraafiku muudatused põhinevad uute sihtkohtade arvu ja nende atraktiivsusest lennufirmale. Tähelepanu pööratakse uutele sihtkohtadele, mida on võimalik reisijatele pakkuda ainult ühes Estonian Airi kaheksast sihtkoha lennujaamas. *E-interline*-lepingu sõlmimine on seda enam kasulik ja otstarbekas, mida rohkem lende ühendub konkreetsel lennufirmal Estonian Airi lendudega.

Lennuplaani ajagraafikus tehti muudatusi kuue sihtkoha kohta: Amsterdam, Brüssel, Kiiev, Moskva, Peterburi ja Stockholm (Arlanda). Kellaaegu muudeti kas liini mõlemal suunal või tagasilennul. Väga väheste ühenduste tõttu muudeti kellaaegu mitme tunni võrra esialgse määratud poole tunni asemel Kiievi ja Peterburi liinil. Teiste liinide (Amsterdam, Brüssel, Moskva ja Stockholm (Arlanda)) puhul piisas poole tunnisest kellaja muudatusest. Ühtegi

muudatust polnud vaja teha Kopenhaageni ja Oslo liinil, kus olid vana kellaajaga piisavad ühendused juba olemas.

Parimaks ja ainukeseks koostööpartneriks on NextJet, kellega koostööd tehes on Estonian Airil võimalik müüa pileteid veel rohkematele Rootsi siseriiklikele lendudele. Kuna praegu on võimalik Scandinavian Airlines'il müüa algusega Tallinnast Estonian Airi lennupileteid jätkulennuga NextJeti lennule, tekib siinkohal Estonian Airil võimalus antud raha endale teenida, kui sõlmida sidusam koostööleping NextJetiga ehk *e-interline*-leping.

Kokkuvõte

Käesoleva lõputöö eesmärk oli teha ettepanekuid Estonian Airi kaheksa põhiliini lennuplaani ajagraafiku ja uute potentsiaalsete koostööpartnerite kohta. Analüüsi Estonian Airi sihtkoha lennujaamade ümberistumisvõimalusi ja saadi ülevaade, milliste lennufirmadega on Estonian Airil ühendusi, aga puudub sidusam koostööleping (*e-interline*).

Kõnealuse ettevõtte kohta anti esimeses peatükis ülevaade, mõistmaks analüüsi põhjal tehtud ettepanekuid. Kõigepealt tutvustati ettevõtet üldisemalt ehk firma omanikke, lennukiparki ja koostöö osakaalu ning seejärel põhjalikumalt firma liinivõrgustikku ja lennuplaani, millele töö põhiliselt keskendub.

Analüüsi käigus selgus, et kõige rohkem ümberistumisvõimalusi esines Amsterdamis ja kõige vähem Kiievis. Ajagraafiku ettepanekute tegemisel lähtuti eelkõige aga vanade kellaagadega saadud sihtkohtade arvust viimasel või esimesel pooltunnil, mida võrreldi uute sihtkohtade arvuga, kui lennu kellaaga muuta maksimaalselt pool tundi. Vähesemal määral lähtuti mõne liini puhul ka uute sihtkohtade atraktiivsusest lennufirmale.

Ettepanekuid tehti kuue liini osas: Amsterdam, Brüssel, Moskva, Kiiev, Peterburi ja Stockholm (Arlanda). Algselt oli maksimaalne ajagraafiku muutus pool tundi, aga Kiievi ja Peterburi puhul oli vajalik suurem ajamuutus. Kahe liini – Kopenhaageni ja Oslo puhul polnud vajalik kellaagades muudatusi teha.

Analüüsi käigus selgus, et lennufirmasid, kellega Estonian Airil veel koostööd pole, aga on suur ühenduvus, on vähe. See näitab, et Estonian Airil on suures osas sidusam koostöö juba praegu piisavate lennufirmadega, võttes arvesse kaheksat põhiliini. Siiski soovitatakse uueks koostööpartneriks Estonian Airile Rootsi lennufirmat NextJet. Soovitus põhineb asjaolul, et NextJet on väga aktiivne Rootsi siseturul, kus enamik sihtpunkte on unikaalsed ning Eesti kui sihtpunkti tuntus arvestatav.

Töö annab ülevaate Estonian Airist ja põhjaliku arusaama lennufirma kaheksa kõige olulisema liini ajagraafikust. Autor mõistab, et kõiki kellaaja muudatustega seonduvaid ettepanekuid ei pruugi olla võimalik rakendada samaaegselt. Töö analüüsi tulemused annavad Estonian Airile võimaluse näha ümberistumisvõimalusi valimi sihtkohtades ja uut infot võimalike koostööpartnerite kohta.

M. Kõima. *Estonian Airi lennuplaani optimeerimine põhiliinide ulatuses:* lõputöö, juhendaja Sven Kukemelk (MSc), konsultant Kristel Penu (MSc). Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.

Kasutatud materjalide loetelu sisaldab 46 allikat.

SUMMARY

ESTONIAN AIR FLIGHT SCHEDULE OPTIMISATION OF CORE ROUTES

Keywords: flight plan optimisation, flight connections, interline partners

The purpose of this graduation thesis is to study the opportunities for the optimisation of the flight schedule of Estonian Air. The priority assignment is to adjust Estonian Air's eight core routes schedule based on the number of destinations and destination attractiveness in the selected airports. The second assignment is to determine which airlines would be beneficial partners for Estonian Air based on connectivity between carriers.

The research is carried out as the goal of Estonian Air is to increase the connectivity of the eight core routes. Some of the airlines' eight routes are mainly point to point routes but the company would prefer the connectivity to be higher. Based on the results of the thesis Estonian Air is able to offer its passengers more connections hence increasing the total sales volumes with a positive return on investment.

The thesis consists of three chapters:

Chapter 1 gives an overview of the main characteristics of Estonian Air. In the first part of the chapter the airline's ownership and fleet are introduced. In the second part of the chapter the company's route network and flight plan is described.

Chapter 2 analyses the connectivity in the selected airports and amongst the airlines which Estonian Air does not have an e-interline agreement yet. Flights that are used in the data analysis take place two hours prior or after the Estonian Air's flight and an extra set of half our flights are analysed due to any possible flight time change.

Chapter 3 makes suggestions to the Estonian Air with regard to its flight time schedule and their new e-interline partners. It gives argumentative reasons for why it is indispensable to make changes in the schedule of almost all of the routes. Lastly, one airline has been chosen for Estonian Air as the new e-interline partner.

The author understands the possibility that not all of the changes in the schedule can be implemented simultaneously. Nevertheless, the analysis gives an extra overview (besides the company's reports on passenger data) of Estonian Air's choice of eight destination airports for transfer flights and its need for new partners.

ERIVAJADUSTEGA REISIJATE TEENINDAMISE PARENDAMINE TALLINNA LENNUJAAMAS

MARTIN JÄRVE

Juhendaja Kalju Albert, konsultant Asko Kivinuk

Märksõnad: erivajadustega reisija, piiratud liikumisvõimega reisija, lennujaama käitamine

Sissejuhatus

Vastavalt Maailma Terviseorganisatsiooni uuringutele suureneb puuetega ning erivajadustega inimeste arv maailmas igal aasta. Euroopa koolituskeskuse PassePartout uuringu kohaselt suureneb erivajadustega reisijate (*PRM - passengers with reduced mobility*) osatähtsus ka reisija segmendina ning üha enam on kõneainet pakkunud inimõigused ning erivajadustega inimeste vabadus ja ligipääsetavus nii-öelda tavalistele teenustele.

Puudega inimesed võivad olla (PassePartout Training Ltd, 2013):

- 1) inimesed, kes on pimedad või vaegnägijad;
- 2) inimesed, kellel on õppimise või intellekti puue;
- 3) inimesed, kes on kurdid või vaegkuuljad;
- 4) inimesed, kellel on füüsiline puue;
- 5) inimesed, kellel on pikaajaline haigus;
- 6) inimesed, kellel on probleemid vaimse tervisega või psühholoogilisi raskusi.

Erivajadusega reisija lennujaama kontekstis tähendab piiratud või vähenenud liikumisvõimega reisijat. 2009. aastal oli Euroopa lennutranspordil 10 000 000 reisija kohta 100 000 PRM reisijat, kuid juba 2012. aastal oli see arv 150 000 PRM reisijat 10 000 000 reisija kohta. (Ibid)

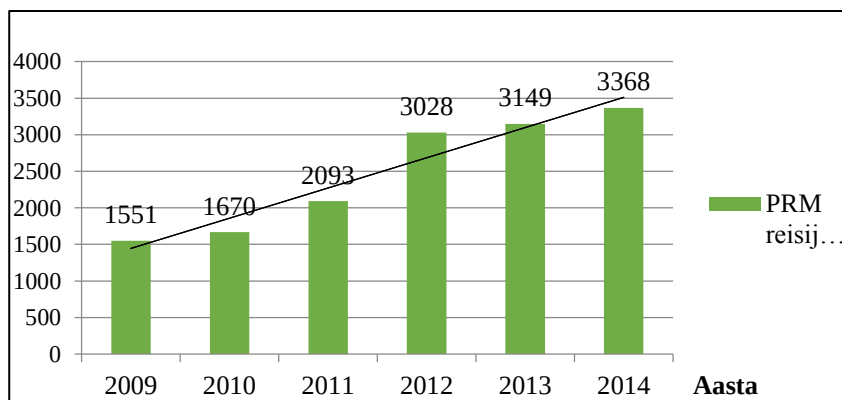
Statistika andmetel on Euroopas 80 miljonit puudega inimest. Tervelt 70% üle 65aastastest inimestest on raskusi kõndimisega või treppidel liikumisega. Arvestades, et Euroopas on 17,4% inimestest vanurid ning Euroopa rahvastik on vananevas trendis, siis peavad lennujaamad olema valmis teenindamiseks PRM-reisijaid senisest suuremas mahus.

Tallinna Lennujaama statistika näitab samuti PRM-reisijate kasvu trendi (vt. joonis 1). Aastal 2012 teenindati 3 028 erivajadustega reisijat, kuid aastal 2013 teenindati kokku 3 151 erivajadustega reisijat. Seega oli nende aastate vaheline

tõus kõigest 4%, kuid kui arvestada, et 2013. aastal langes Tallinnas üldine reisijate arv 250 000 võrra, siis erivajadustega reisijate osakaal 100 000 reisija kohta tõusis 14,7%.

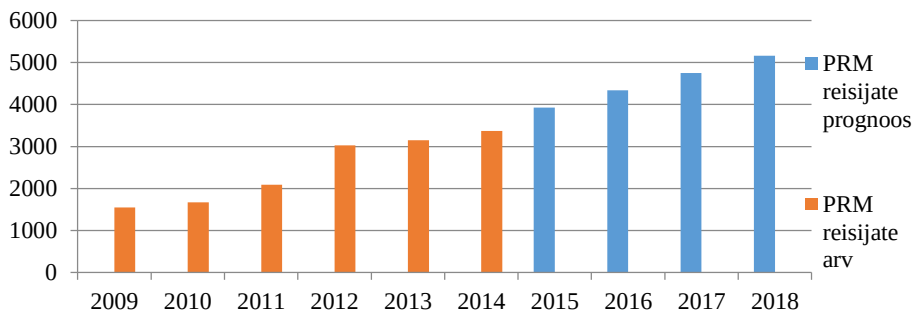
Sisu ja tulemused

Selle lõputöö eesmärgiks on parendada erivajadustega reisijate teenindamise kvaliteeti Tallinna lennujaamas. Lõputöö koosneb kolmest osast. Esimeses osas tutvustatakse erivajadustega reisija mõistet, koostatakse prognoosid erivajadustega reisijate arvule aastaks 2018 ning tutvustatakse seadusandlust, mis nende teenindamist reguleerib. Prognoosi tegemiseks kasutati Time series meetodit, mis põhineb eelnevate aastate andmetel ning prognoosib tuleviku numbreid vastavalt varasematele trendidele.



Joonis 1. Erivajadustega reisijate eelnevate aastate statistika ja trendijoon.

Joonisel 2 on näha eelnevate aastate erivajadusega reisijate andmed ning prognoos aastani 2018. Kuna trendijoon on piisavalt täpne, arvutatakse selle järgi prognoos. Aastaks 2018 prognoositakse juba 5 161 erivajadustega reisijat. Arvestades, et 2014. a oli see arv 3 368, siis on oodata mahtude suurenemist ligi 53% võrra 4 aastaga.



Joonis 2. Erivajadustega reisijate arvu prognoos ning võrdlus eelnevate aastate statistikale.

Teises osas analüüsib töö autor Tallinna lennujaama teeninduse protseduure koos töörühmaga, kuhu kuulusid lisaks autorile ka erivajadustega reisijate teenindajad. Töörühm tegi vastavate protseduuride kohta kommentaare ning kaksikümne ettepanekut nende täiendamiseks ja muutmiseks.

Töö kolmandas osas koostati erivajadustega reisijatele küsitluse raamkava, mille põhjal vormistati küsitlus. Küsitluse põhikavaks on neli teemat, mis olid ette antud AS Tallinna Lennujaama poolt. Need olid taristu, varustus, kommunikatsioon ning teenindus.

Tallinna lennujaam saab praeguste reisijate mahtude juures erivajadustega reisijate teenindamisega hakkama, kuid juhul, kui prognoosid lähevad täide, siis oleks vaja lennujaamal teha investeeringuid. Investeeri tuleks varustusse (ratastoolid, kandetoolid) ning koolitustesse (C-kategooria koolitused autolifti maksimaalseks rakendamiseks). Mahtude suurenemisel tuleks lennujaamal soetada ka uuemat sorti autolift. Selleks, et vältida probleeme teeninduse pakumisel tuleks uuendada teeninduse protseduuride eeskirja ning teha tagasisideküsitlus erivajadustega reisijate hulgas.

M. Järve. *Erivajadustega reisijate teenindamise parendamine Tallinna lennujaamas*: lõputöö, juhendaja Kalju Albert, konsultant Asko Kivinuk. Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.

Kasutatud kirjanduse loetelu sisaldab 21 allikat.

SUMMARY

IMPROVING THE SERVICE OF PERSONS WITH REDUCED MOBILITY AT TALLINN AIRPORT

Key words: passengers with reduced mobility, disabled persons, airport management

The purpose of this graduation thesis is to primarily evaluate and look for the opportunities and ways to improve the quality of the service provided to passengers with disabilities or with reduced mobility (PRM). This is achieved by analysing the procedures of service and by compiling the passenger survey intended for passengers with reduced mobility.

The graduation thesis is divided into three chapters. In the first part the author describes the meaning of the concept of persons with reduced mobility and the ways they can be classified. The author also makes a forecast of the number of passengers with reduced mobility up to the year 2018 by using the time series method.

In Chapter 2 of the thesis the author describes establishing of the study group including himself and other PRM assistants. The study group analyses the service procedures of passengers with reduced mobility. The study group established to analyse the quality standards made twenty suggestions for updates and for supplementing the list of legal documents in use with one more regulation.

In Chapter 3 the author deals with the Survey Questionnaire for passengers with reduced mobility. The principal guidelines for the structure of the survey were provided by Tallinn Airport Ltd which focus on the following four areas: infrastructure, equipment, service and communication.

For quality monitoring the author compiled a passenger survey with sixteen main questions grouped into four subjects. Quality monitoring is very important in order to maintain a stable increase in passenger satisfaction.

Today Tallinn Airport is able to provide good service to passengers but with the increasing passenger numbers the airport must make investments in order to maintain the present high standards. Investments will be needed to train the service personnel to operate ambulifts and it will be necessary to upgrade or purchase a new ambulift, at some point.

VÄSIMUSRISKIJUHTIMISSÜSTEEMI RAKENDUSPLAANI VÄLJATÖÖTAMINE ASIS PANAVIATIC

DAI  URU

Juhendaja Kristi Seppa (MSc), konsultant Allan Nõmmik (MSc)

Märksõnad: väsimusrisk (fatigue risk, FR), väsimusriskijuhtimissüsteem (FRMS), rakendusplaani, ärilennundus, väsimusohutuse töögrupp

Sissejuhatus

Väsimusest ja sellest tulenevatest riskidest on maailmas koostatud küll palju materjale, kuid ühtsed ja praktiliste näidetega tööd ei ole väga levinud. Informatsioon väsimusriskijuhtimise kohta on kas killustunud, raskesti kättesaadav või kohati liiga spetsiifiline. Sellest tulenevalt tekkis ka huvi käesoleva lõputöö koostamise vastu.

Pärast konsulteerimist ettevõttega Panaviatic AS sai otsustatud, et FRMSi (*Fatigue Risk Management System*) rakendusplaani väljatöötamisel tuginetakse ettevõtte spetsiifikale. Ühelt poolt võimaldab see töö autoril välja tuua elulisemaid näiteid ja probleeme ja teiselt poolt saab ettevõtte tõsta oma klientide teenindustaset, meeskonna efektiivsust, ohutust ning järgida IS-BAO (*International Standard for Business Aircraft Operations*) nõudeid. Lõputöö **eesmärgiks** on koostada praktilised dokumendid, protseduurid ja raportid, et ettevõtteks oleks võimalik FRMS mugavalt kasutusele võtta.

Nende materjalide koostamisel on kasutatud ICAO (*International Civil Aviation Organization*) käsiraamatuid operaatoritele ja regulaatoritele ning väljaantud dokumente, USA ja Austraalia tsiviillennuorganisatsioonide juhendeid, Eurocontrol'i kodulehel olevat infot, mitmeid teaduslikke uurimusi ja artikleid. Materjalid koostati nendes allikates väljatoodud juhiste ja soovitude järgi, millega tutvuti ning kohandati ettevõttele sobivaks.

Sisu kirjeldus

Töö on jaotatud kolmeks suuremaks osaks. Esimeses osas antakse ülevaade väsimusriskijuhtimissüsteemist, selle regulatoorsest taustast ja rakendamise võimalustest ja mahukusest. Lisaks käsitletakse väsimust ja väsimusriskijuhtimist puudutavaid varasemaid uuringuid.

Teine osa selgitab rakendusplaani väljatöötamise teooriat, mis on liigitatud etappide kaupa. Käsitletakse planeerimist, reaktiivsete ja proaktiivsete protsesside rakendamist ja kvaliteedikontrolli. JAA poolt välja pakutud süsteem FRMSi rakendamiseks on esitatud joonisel 1.

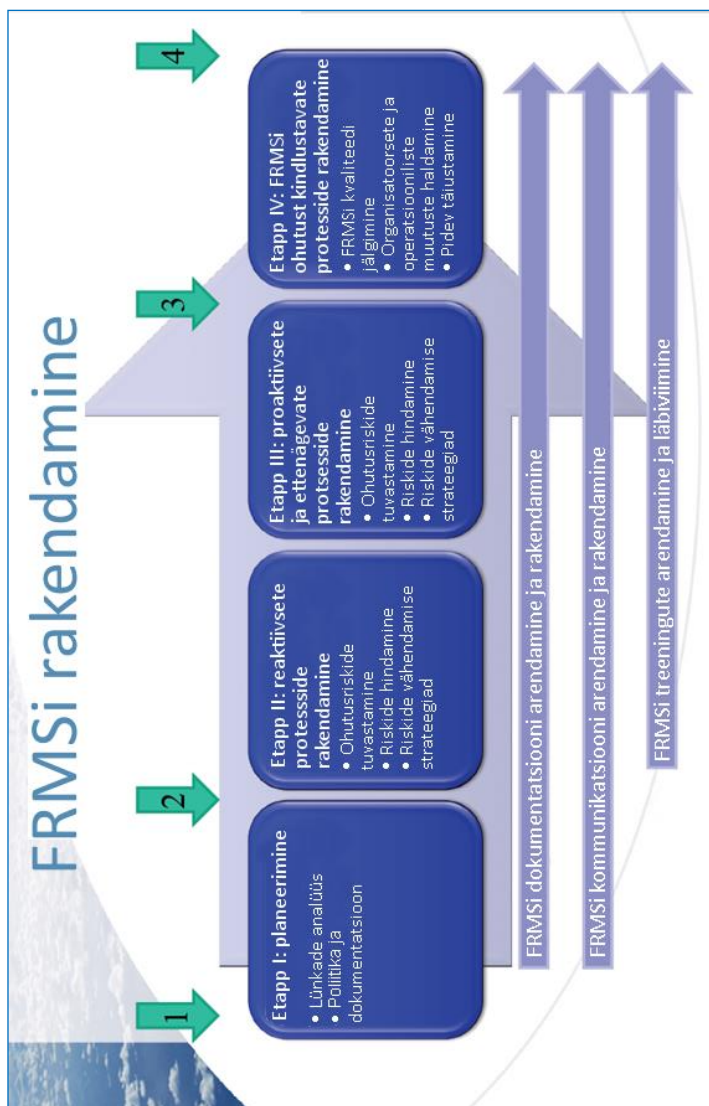
Kolmandas osa tutvustab autor teorias mainitud ja töö valmimise käigus koostatud materjale ja analüüse. Selle osa lõpus antakse ka soovitusel ja ettepanekud operaatoritele, regulaatoritele jt FRMSi kasutuselevõtuks.

Käesolev töö toimib nii selgitavas kui näitlikustavas vormis. Iga peatüki juurde, kus mainitud mõnda vajalikku FRMSi dokumenti või protseduuri, on võimaluse korral see ka toodud. Lisades on välja toodud väsimuse raport, väsimusriski juhtimise standardpoliis ja väsimuse riskianalüüs.

Väsimusest teatamise raporti koostamisel on lähtutud erinevatest allikatest ja pandud need ettevõttepõhiselt kokku (Simon Stewart, 2008 lk 13-14) (easyJet, 2008) (ICAO, 2011 lk 124). Lisaks on arvestatud Panaviaticu eripärasid: regulaarlende ei toimu, lennukipark koosneb ainult kahest erinevast lennukitüübist (Learjet 60 ja Learjet 31 A) ja meeskondade arv on piiratud.

Lünkade analüüsis toodi Panaviatic ASi näitel välja kolm valdkonda, millest lähtudes uuriti ettevõttes olemasolevaid protsesse ja meetodeid, mis sobiksid koheselt FRMSi raamistikku, neid, mille puhul on vaja teha mõningaid parandusi ja kohandamisi ja neid, mis üldse puudu on. Selle põhjal valmis lühike ülevaade, kus oli võimalik näha Panaviatic ASi seisukorda FRMSi kasutuselevõtuks.

Valmis rakendusplaan, mis jaotas ajateljele FRMSi rakendamiseks vajalikud tegevused ja vastutavad isikud. Selle põhjal saab ettevõtte siduda oma lünkade analüüsist välja tulnud puudused ajalise graafikuga, mis võimaldab head ülevaadet vajalikest tehtavatest töödest ja pakub struktuurset lähenemist väljatoodud puudustele.



Joonis 1. FRMSi rakendamise etapid. Autori tõlge. (JAA Training Organisation, viidetud „**Jackson, Paul.** *An Introduction to Fatigue Risk Management Systems*.[esitlus] s.l. : Clockwork Research., lk. 144“ kaudu)

Väsimusest teatamise raport jaotub kolmeks osaks: mis juhtus, millal juhtus ja miks juhtus. Raporti paremaks täitmiseks koosneb see peamiselt valikvastustest ja on mahutatud ühe lehekülje peale. Kokkuvõtvalt annab see raport ettevõttele analüüsivat infot, mis võimaldab kergemini viia sisse organisatoorseid muudatusi, ja sellega kaetakse ära FRMSi reaktiivne ja proaktiivne osa.

FSAG tegutsemise piirid, vastutus, kohustused ja eesmärgid said määratud ametivolituse dokumendis. Tegemist on raamdokumendiga, millele FSAG toetub oma tööülesannete täitmisel.

Koostati ka ohutusindikaatorid, mille järgi on võimalik väsimusriskijuhtimisgrupil hinnata FRMS-süsteemi toimimist ja tagada selle kõrge kvaliteet ja ohutuse kindlustamise protseduur, mis peaks tagama, et FRMS-süsteem areneb pidevalt ja on tihedalt oma komponentidega seotud.

Operaatoritele toodi soovitusena välja kasutada aktiivselt kontrollnimekirju, hoida avatud meelt ja suhelda tihedalt regulaatoriga, mõista FRMSi tegelikkuse sisu, mitte ainult sellest saadavat kasu, kontrollida vajalike ressursside olemasolu enne FRMSi rakendamist ja vajaduse korral kaaluda, kas terve väsimusriskijuhtimissüsteemi või üksikute komponentide väljastpoolt sisseostmist.

Soovitused regulaatoritele on sarnased: hoida suhtlemiskanalid lahti ja läheneda FRMSi rakendamisele süsteemselt. Lisaks on soovitatav tutvuda ICAO käsiraamatuga ja Austraalia Tsiviilennuohutusorganisatsiooni kodulehe ja käsiraamatuga, mis käsitlevad FRMSi struktuurselt ja korrastatult. Eesti Lennuametile soovitaks väsimuse küsimust rohkem käsitleda koostamisel olevas riiklikus lennuohutusprogrammis.

Kokkuvõte

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli luua selge väsimusriskijuhtimissüsteemi rakendusplaan ettevõtte Panaviatic ASi spetsiifikast lähtudes. Lisaks koondati sellega ühe uurimustöö alla praktiliseks kasutamiseks sobivad dokumendid, protsessid ja protseduurid, mis seniajani olid erialases kirjanduses erinevate materjalide vahel süsteemitult hajutatud olnud.

Kokkuvõtvalt said valmis rakendusplaan, väsimusest teatamise raport, FSAG ametivolitused, ohutusindikaatorid ja FRMSi ohutuse kindlustamise protseduur. Töö autor loodab, et selle lõputöö käigus koostatud materjalidest ja viidetest saab hea lähtekoht Panaviatic ASile ja välja pakutud struktuurne ülevaade loob eeldused FRMSi veelgi laialdasemale levikule.

D. M. Muru. *Väsimusriskijuhtimissüsteemi rakendusplaani väljatöötamine ASis Panaviatic: lõputöö, juhendaja Kriiti Seppa (MSc), konsultant Allan Nõmmik (MSc). Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.*

Kasutatud kirjanduse loetelu sisaldab 26 allikat.

SUMMARY

FATIGUE RISK MANAGEMENT SYSTEM IMPLEMENTATION PLAN IN PANAVIATIC AS

Key words: fatigue risk, fatigue risk management (FRM), implementation plan, FMRS, business aviation, Fatigue Safety Action Group (FSAG)

The purpose of this graduation thesis is primarily to create practical documents, procedures, processes and guidelines for Panaviatic AS to implement fatigue risk management system.

This thesis is divided into three chapters.

Chapter 1 gives an overview of the fatigue risk management system, its regulatory background and the scope and possibilities of implementation. In addition to this some of the research regarding fatigue and fatigue management is also analyzed.

Chapter 2 explains the theory behind implementing the fatigue risk management system. Planning, reactive and proactive process implementation and quality control are discussed here.

Chapter 3 introduces the documents and analyses created by the author of the thesis that have been mentioned in the theoretical part. At the end of this chapter, the author has given suggestions and recommendations for the operators and regulators to help with implementing the FRMS.

As a result of this thesis several analyses and documents have been created: fatigue risk analysis, gap analysis, implementation plan, FSAG Terms of reference, safety indicators and a FRMS Safety assurance process has been developed.

LENNUKI BIOKÜTUSE TOOTMISVÕIMALUSED VETIKATE BAASIL EESTIS

HALDI VANATOJA

Juhendaja Kristi Seppa (MSc), konsultant Signe Vanker (MA)

Märksõnad: lennuki biokütus, vetikatest biokütuse tootmine

Sissejuhatus

Kliima soojenemine on saanud reaalseks olukorraks maailmas. NASA 135 aasta jooksul kogutud andmete põhjal on maailma kümme rekordsooja aastat juhtunud alates aastast 1998, millest esimesel kohal oli aasta 2014. See ainult ei kinnita fakti kliima soojenemise kohta, vaid jätab õhku küsimuse, kas ollakse sellevastase tegevusega jäädud hiljaks. Kliimamuutustel ja –katastroofidel on nii majanduslikud, sotsiaalsed kui ka demograafilised tagajärjed, põhjustades suuri kulutusi riikidele, kannatusi inimestele ja kliimapõgenike rännet teistesse riikidesse. Igas valdkonnas üritatakse pakkuda alternatiive praegustele süsteemidele, töötades välja uusi jätkusuutlikke tehnoloogiaid ja tõhustades tööprotsesse.

Uute tehnoloogiate tutvustamine lennunduses on alati aeganõudev protsess, sest tahetakse veenduda, et need on ohutud ja vajadusel täiendatakse nende kasutuselevõtuks seadusandlust. Senikaua on võimalik kasvuhoonegaase vähendada biokütuste abil, mille arendamisele ja tootmisele on pandud suur rõhk. Biomassist toodetud vedelkütust kasutades on võimalik taimede kasvatamisel neutraliseerida kütuse põletamise käigus tekkinud kasvuhoonegaasid, mis tähendab, et taolise kütuse elutsükli käigus ei paisata õhku täiendavat süsihappegaasi.

Eesti on praegu kütuste puhul suurel määral sõltuv impordist ja välismaistest turgudest. Seetõttu on Eesti riik seadnud eesmärgi saavutada võimalikult suur energiasõltumatus ja vähendada kütuste importi 2030. aastaks 25 %-ni, sealjuures suurendades taastuvenergia osakaalu lõpptarbimisest 45 %-ni. Selle eesmärgi täitmiseks otsitakse uusi lahendusi sooviga vähendada energia tarbimist ja toota Eestis rohkem taastuvenergiat.

Sisu ja tulemused

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on uurida lennuki biokütuse tootmis- tehnoloogiaid ja -võimalusi vetikate baasil Eesti tingimustes. Tuuakse välja vetikate eelised ja puudused kütuse toormaterjalina ning teised kasutus- võimalused. Uurimustöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis

tutvustatakse vetikatest toodetud biokütuste elutsükli, tootmisprotsesse, vetikate kui tooraine eeliseid ja miinuseid ning selle tehnoloogiaga seotud väljakutseid. Sealhulgas selgub, et tehnoloogiad nagu SimgaeTM, Single Step Extraction Process ja Green Jet FuelTM on Eesti tingimustes kasutatavad ning hetkel välja töötatud tehnoloogiatest tõhusaimad. Vetikatest biokütuste tootmisel on takistuseks tehnoloogia suur kapitalimahukus. Vetikatest on võimalik toota *drop-in* biodiisli, -lennukikütust ja -bensiini. *Drop-in* kütuse kasutuselevõtuks pole vaja muuta sõidukeid ega olulisel määral infrastruktuuri. Praegu ei ole võimalik kasutada 100%-list biomassist toodetud biokütust, vaid seda tuleb segada fossiilse kütusega.

Teises peatükis käsitletakse lennukikütuste tootmiseks vajalikke rahvusvaheliselt tunnustatud sertifikaate ning Euroopa ja Eesti seadusandlust. See on oluline, sest lennuki biokütuse kvaliteet peab olema sama hea või parem kui fossiilsel lennukikütusel, et tagada lennuohutus ja võimalus lennufirmadel hõlpsamalt biokütuseid kasutusele võtta ilma mootorite modifitseerimiseta. Väga oluliseks peetakse biokütuste jätkusuutlikkust ja taastuvust, milleks on antud kindlad kriteeriumid, mille vastavuse tõestamiseks tuleb taotleda sertifikaat. Informatsiooni kogutakse publikatsioonidest ning seaduste analüüsi meetodil.

Kolmandas peatükis iseloomustatakse Eesti lennukikütuse turu olukorda, et analüüsida lennukikütuse tootmisvõimalusi vetikatest. Turu analüüsimiseks intervjuueritakse Eesti lennundusettevõtete spetsialiste, kes annavad hinnangu ettevõtte soovist kasutada biokütuseid lennuoperatsioonidel. Lisaks intervjuueritakse erinevate Eesti ülikoolide teadlasi ja Eestis lennukikütust pakkuvate firmadega, et selgitada välja nende firmade ambitsioonid biokütuste suunal. Viiakse läbi intervjuud Keskkonnaministeeriumi ametnikega, et teada saada Eesti riigi strateegiad biokütuse suunal ja antakse hinnangud intervjuudest ja kirjandusallikatest saadud infole ning tehakse ettepanekud edasisteks uurimusteks.

Tehtud intervjuudest võib järeldada, et lennuettevõtjatel on huvi biokütuste vastu, kuid senimaani ei ole neil olnud võimalust lennuki biokütuseid Eestis osta. Intervjuuerides Eesti lennukikütuse müüjaid, tuli välja, et lähimate aastate jooksul ei ole nende koostööpartnerite poolt biokütuseid Eesti turule oodata. See tähendab, et lennuki biokütuse puhul konkurents puudub ja praeguste lennukikütuse müüjatega on võimalik teha koostööd, et nad biokütust edasi müües jõuaksid rohkemate klientideni.

Üldjoones näeb vetikatest kütuse tootmise arendusprotsess välja järgnev: teadus- ja arendustegevus Eesti ülikoolides, toote sertifitseerimine, ettevõtte

loomine kõikide Eesti seaduses ette nähtud piirangute raames ja tootmise ülesseadmine. Tehnoloogia suure kapitalimahukuse tõttu on biokütuste hind fossiilsetest kütustest kallim. Karlstadi lennujaama näite puhul on näha, et on võimalik hinda muuta konkurentsivõimelisemaks tehes koostööd erinevate biokütust tootvate ettevõtete või fossiilsete kütuste müüjatega, kes soovivad kaasa aidata alternatiivkütuse arengule. Koostöö on kõige alus ja seda põhimõtet tuleks vetikatest kütuse tootmise alustamisel silmas pidada, sest siis on kergem seda ettevõtmist alustada. Enne mahukat tootmise alustamist on vajalik teha lennuettevõtjate seas teavituskampaania, mis tutvustaks neile vetikatest toodetud biokütuse eeliseid tavakütusega võrreldes, sest nende teadlikkus biokütustest on vähenenud. Oluline on kaasata tegevusse Eesti riik ja Euroopa Liit, mis on taolistest ettevõtmistest huvitatud ning koostöö selliste organitega loob rohkem võimalusi ja muudab suhtluse nendega läbipaistvamaks.

Täpsemate analüüside ja tootmisprotsesside planeerimiseks on vaja valida vetika tüüp, mida on Eesti tingimustes kergem kasvatada, mis seob rohkem süsihappegaasi ja annab suurema tootlikkuse. Teades, milline on biokütuste ja lennukikütuste turu olukord Eestis ning milliste tehnoloogiatega on võimalik Eestis vetikate baasil lennukikütuseid toota, on järgmiseks sammuks finantsanalüüsi tegemine. See on alus, et ettevõtmine oleks tulus ning läbi mõeldud. Siinjuures on oluline, et peale kütuse on võimalik vetikatest toota kõrgema väärtusega tooteid nagu loomasööd, toidulisandid, kosmeetika ja määrded, mis aitavad ettevõttel saada suuremat kasu kui ainult kütuse tootmisel.

Eesti miinuseks vetikate kasvatamisel on aasta lõikes suur temperatuuri ja päikesevalguse kõikumine, mida on võimalik kompenseerida kulukama tehnoloogia *Simgae*™ fotobioreaktori kasutamisega. Eesti olulisteks eelisteks vetikatest biokütuse tootmisel on sobivad kasvutingimused ja tootmissisendite kättesaadavus. Narva piirkonnas on piisav veevaru, tasane maa ja sõltuvalt aastaajast päikesevalguse rohkus. Narva elektrijaamast eralduv soojus aitab hoida sobivat temperatuuri ja eraldab CO₂, mis on vetikate kasvuks oluline. Elektri tootmise kõrvalprodukt põlevkivituhk on odavam vetika kasvatamiseks koostisaine ja pH kontrollija. Biokütuse rafineerimiseks on olemas Paldiskis biodiisli rafineerimistehas koos biodiisli rafineerimistehnoloogiaga, mida tuleb lennukikütuse töötlemiseks kohandada. Kütuse transpordiks on Paldiskis hea mere-, rongi- ja maanteeühendus.

H. Vanatoa. *Lennuki biokütuse tootmisvõimalused vetikate baasil Eestis:* lõputöö, juhendaja Kristi Seppa (MSc), konsultant Signe Vanker (MA). Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.

Kasutatud kirjanduse loetelu sisaldab 77 allikat.

SUMMARY

ALGAE JET BIOFUEL PRODUCTION POSSIBILITIES IN ESTONIA

Key words: jet biofuel, algae biofuel production

Due to climate change, aviation sector has been looking for alternatives for fossil fuels and setting goals to achieve carbon neutral growth by 2020. Estonia's energy dependence is the main driver for finding the sources of energy that could be produced locally and satisfy the country's need. Microalgae as the third generation feedstock for biofuels have many advantages for producing premium quality drop-in fuels for diesel, gasoline and jet engines.

The purpose of this graduation thesis is to analyse microalgae jet biofuel production technology and possibilities, hence, to retrieve plausible evidence in order to conclude whether this feedstock could be cultivated in Estonia.

The advantages of microalgae as feedstock include high yield, independence from clean water and crops, reduction of greenhouse gas emissions and possibility to use biomass for producing energy and high-value products – animal fodder, cosmetics, food supplements and industrial liquids. The hurdle with production is its complexity and cost of technology. Cost-effectiveness in algae biofuel production can be achieved by increasing the yield and by optimizing the technology.

The author has proposed some most effective fuel production technologies which can be feasible in Estonia to demonstrate how algae fuel is produced. This process includes three stages: (1) cultivating with Simgae™, (2) picking microalgae and extracting oil with OriginClear™ Single Step Extraction Process, (3) refining jet biofuel with Honeywell's Green Jet Fuel™ technology. This process enables to reduce carbon emissions 70–80% on life cycle basis. To ensure flight safety, biofuels have to be certified. The first and most important is technical certification; secondly, sustainability certification.

Based on the research done for this thesis, the author can assure that it is possible to produce algae biofuel for jets in Estonia. For this undertaking to be successful, the company has to produce large quantities of different fuels and high-value products which could also be exported to nearby markets after Estonia's own needs have been met. This will help to make the fuel production company more sustainable, will stabilise fuel prices and make Estonia more energy independent.

ÕHUSÕIDUKI EHITUS JA HOOLDUS

SAATEKS

Tõde ja tarkus on ühised ning kuuluvad kõigile, pole eriti oluline, kes nad esimesena välja ütles, ega ka see, kes hiljem. Selles vaates oleme Eesti Lennuakadeemia üliõpilaste, õppejõudude ja töötajate, aga ka üldiselt inimestena, kõik võrdses olukorras. Veendumusele, et ükski varasem teadmine ega vahend on või ei ole meid mõjutanud jõudma sinna, nende teadmiste ja tõdemusteni, kus me oleme praegu, on keeruline kinnitust leida. Kirjanik O. Wilde läheb selles vaates äärmusesse, öeldes: „Ma ei loe kunagi raamatuid, mille kohta ma pean arvustuse kirjutama; inimene on nii mõjutatav“ (tsitaat viidatud Alberto Mangueli poolt „Une historie de la lecture“ Actes Sud, 1998, lk 336). Wilde'i motiiv on harjumatu, selle ulatus on lai, kattes üheaegselt nii lugejale huvitavad kui ka ebahuvitavad teemad. Seda mõtet laiendades ei tohiks trükisõnaga tegelemisel sellesse liigselt süveneda seetõttu, et ülihoolikas lugemine, autoriga samastumine ja lugeja enda huvide ning tõekspidamiste unustamine võib kaugendada teda iseendast. Ehkki teos toidab lugeja (Wilde'i variandis arvustaja) mõtet, eraldab ja piirab see teda tema enda originaalsetest mõtetest, kui me üldse millestki sellisest tänapäeval rääkida saame.

Tuues need harjumatud perspektiivid lennuakadeemia ja lennutehnilise koolituse osakonna konteksti, siis on paratamatu, et studiumi läbimiseks, väljundite saavutamiseks, on vajalik omandada märkimisväärne maht teadmisi ja praktilisi oskusi, mille käigus tuleb tugineda varasematele autoritele, õppejõududele, kolleegidele. Paraku on aga kooli steriilsetes tingimustes omandatud teadmistest ja nõudmisel nende taasesitamisest nende valdajale reaalses praktikas sama palju kasu, nagu toidust ühele organismile, mis selle täpselt samal kujul väljutab, kui ta on selle sisse söönud.

Sellest lähtuvalt oleme oma koolitusprotsessis püüdnud maksimaalselt soodustada vaba mõtte arengut. Andes üliõpilastele kätte piisavalt palju, et tekitada huvi võimalikult laial spekt ril erinevate distsipliinide, valdkondade ja alateemade fundamentaalteadmiste, kui ka kitsamate rakenduslahenduste vastu, ent siiski piisavalt vähe, et vältida dogmadesse ja tuntud võtetesse takerdumist. Selleks, et soodustada "mälumist" ja "seedimist" – varasema sidumist hetkel kehtivate tingimustega. Balansi leidmine nende kahe suuna – oma ja võõra, uue ja vana vahel ongi olnud möödunud aastal lennutehnilise koolituse osakonna suurimaks väljakutseks.

Et mitte piirata ka käesoleva ülevaate lugeja fantaasiat, lootes, et tal jagub tarkust ja soovi edasi liikuda kõigis oma teadmistes, toome järgnevalt vaid lühikokkuvõtted möödunud aasta parimatest lõputöödest.

Karl-Eerik Unt, Õhusõiduki ehituse ja hoolduse osakonna juhataja

KOLBMOOTORI SAITO FG-57T TÖÖKINDLUSE SUURENDAMINE

MARGUS LIHULINN

Juhendaja Madis Parv

Märksõnad: UAV, Saito FG-57T, sisepõlemismootor, resurss, töökindlus

Mehitamata lennunduse kiire arengu tõttu ja õhusõidukite stardimassi kasvust tingituna on tekkinud vajadus sisepõlemismootorite kasutamiseks nimetatud valdkonnas. Võrreldes elektrimootoriga õhusõidukitega on sisepõlemismootoriga lennumasinad suutelised lendama pikemaid distantse ning transportima massiivsemat lasti. Siiski on enamik mehitamata õhusõidukitel kasutatavaid sisepõlemismootoreid, nii reaktiiv- kui kolbmootorid, madala töökindlusega ja ebausaldusväärsed.

Saito FG-57T on mehitamata õhusõidukite jaoks toodetud 4-taktiline ottomootor, mille tootmisel on pandud rõhk suurele võimsusele ja väikesele kaalule. Nimetatud mootor on arendatud Saito FA-300T eetrijõuallikast, millele on paigaldatud sobilik Walbro karburaator ja autonoomne süütesüsteem. Kuigi 4-taktiline mootor on 2-taktilisest märksa keerukama konstruktsiooniga ja sarnase võimsuse juures suurema massiga, siis eelistatakse just seda jõuallikat kütusetarbe tõttu.

Saito mootori teeb ebatöökindlaks määrimissüsteemi puudumine, mis põhjustab intensiivset kolvigrupi ja gaasijaotusmehhanismi kulumist. Üheks enimlevinud defektiks jõuallika puhul on klapi vahede suurenemine, mis on tingitud nukkvõllide liigsest kulumisest. See omakorda vähendab mootori jõudlusparameetreid ning suurendab kütusekulu. Mootori määrimiseks on ette nähtud kasutada kütuse–õli segu suhtes 20:1. Kogu ettenähtud õlitus toimub põlemisprotsessist allesjääva õliga, mis kolvirõnga ebatiheduse tõttu karterisse satub ning seal laagreid, liug- ja kontaktpindu määrib. Selline lahendus on ebaefektiivne ning keskkonda saastav, sest põlemata õli paisatakse karteri-tuulutuse ja väljalaskesüsteemi kaudu atmosfääri.

Mehitamata õhusõidukite jõuallika Saito FG-57T modifitseerimise vajaduse tõi mootori lühike hooldusvälp. Eesmärgiks seati mootori modifitseerimine sellisel määral, et määrimissüsteemi kasutuselevõttuga kaoks 25 töötundi järgne klappide reguleerimise vajadus, paraneksid väljundparameetrid ning suureneks lennuohutus. Projekteerimistingimustest lähtuvalt konstrueeriti mootorile kuivkarteriga määrimissüsteem koos vajalike komponentidega.

Piisava materjalivaru puudumise tõttu ei olnud võimalik konstrueerida surve-õlituskanaleid vāntvõlli kepsu- ja raamlaagritele ega nukkvõlli tugilaagritele. Seetõttu sai kasutusele võtta vaid kuivkarteriga paiskõlitus-süsteemi, kus õli pihustatakse määrimist vajavatele pindadele ja edasine määrimine toimub karteris ringilenduvate õlipiiskade toimele.

Õlipumbana otsustati kasutada modifitseeritud karburaatori kütusepumpa, mille korpus muudeti kompaksemaks. Õlipump toimib vaakummembraanpumba tööpõhimõttel, mille käitamiseks vajalik pulseeriv vaakum juhiti membraanini mootori karterist. Õli pumpamiseks karterist õlipaaki kasutati sisselaske- ja töötakti ajal tekkivat karterirõhku, millega koos juhiti õli läbi tagasivooluklapi ja deaeraatori õlipaaki. Määrimispunktide projekteerimisel lähtuti kulumis-pindade asukohtadest. Sellest tulenevalt paigaldati õlipihustid karterisse vāntvõlli ja mõlema nukkvõlli kohale.

Mootorile projekteeriti ka uued kolvid (Joonis 1), millel on lisaks kahele surverõngale ka õlirõngas. Kolvi konstruktsiooni muutmise tingis vajalikkus takistada õli sattumist karterist põlemiskambrisse. Originaalkolvil oli kasutuses ainult üks surverõngas ning neid ei olnud võimalik ebapiisava materjalivaru tõttu õlirõnga sobitamiseks modifitseerida.



Joonis 1. Vasakul originaalkolb, keskel ja paremal mootorile valmistatud uued kolvid.

Kolvirõngad projekteeritud kolvidele valiti *Lance Cabo 50* motorrolleri jõuallikalt, kuna need olid sel hetkel ainsad sobilikud 37 mm 4-taktilise mootori kolvirõngad. Valitud rõngad kohandati 36 mm silindri jaoks, kuid mootori katsetuse järel selgus, et diameetri vähendamine sedavõrd suurel määral põhjustab kolvirõngaste elliptiliseks kulumist. Modifikatsiooni tulemuseks oli

ebatihe kolvigrupp ja vigastused silindri seinal. Vaatamata sellele olid silindri lekete parameetrid uute kolbidega kaks korda paremad, kui originaalseades mootoril.

Kolvirõngaste elliptiliseks kulumise vältimiseks oleks vajalik kolvirõngad valmistada eritellimusel, silindri diameetrit ja kolvirõngaste soonte parameetreid arvestades.

Mootorit katsetati kokku 25 töötundi, mis möödusid tõrgeteta. Käitamise vältel hoiti mootoripöördeid konstantsena 4 500 RPM juures. Testimise käigus jälgiti pidevalt silindripeade ja väljalaskesüsteemi temperatuuri (Joonis 2). Töötemperatuurid olid katse käigus stabiilsed ning mõlemas silindris sarnased.

Mootorit monteerides seadistati klapivahedeks 0,04 mm. Tehase andmetel peab klapiwahe olema vahemikus 0,03 – 0,1 mm. Katseperioodi lõpus mõõdeti klapivahed uuesti ning suurimaks väärtuseks fikseeriti 0,06 mm. Klapivahed olid suurenenud peale 25 h käitamist vaid 0,02 mm. Seega võib katse lugeda edukaks.



Joonis 2. Infrapunakaamera pildid mootori testimise käigus.

Mootori teistkordse demonteerimise käigus fikseeriti kõikide kulumispindade mõõtmised. Saadud tulemusi võrreldi väärtustega, mis olid dokumenteeritud enne modifikatsiooni. Kahekümne viie töötunni järgse jõuallika analüüsi tulemusena selgus, et ühelgi teisel mootori komponendil (v.a. kolvirõngad) ei olnud ebanormaalseid kulumisjälgi. Kulumisnäitajad olid minimaalsed või puudusid üldse. Tänu sellele võib mootori õlitussüsteemi projekteerimist lugeda mootori eluiga silmas pidades väga edukaks.

M. Lihulinn. *Kolbmootori Saito FG-57T töökindluse suurendamine:* lõputöö, juhendaja Madis Parv. Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.

Kasutatud materjalide loetelu sisaldab 7 allikat.

SUMMARY

INCREASING THE RELIABILITY OF SAITO FG-57T PISTON ENGINE

Key words: UAV, internal combustion engine, resource, reliability

The purpose of this thesis is to modify Saito FG-57T piston engine by a dry-sump lubrication system with the aim of increasing its reliability and life limit.

At the factory, this Saito engine is designed to run on 20:1 gasoline-oil mixture which helps to lubricate the engine. The idea is that the oil which does not burn in the combustion chamber, sticks to the cylinder walls and enters the crankcase through the small clearance between the cylinder wall and the piston. The problem is that the camshafts, which are located in the front of the engine, do not get sufficient lubrication and therefore wear off. This results in enlarged tappet clearance resulting in poor engine performance.

To mitigate this problem, the engine manufacturer has issued an engine maintenance procedure to adjust tappet clearance after every 25 working hours.

This graduation thesis covers the theory behind four-stroke internal combustion engines, Saito engine specifications and dry sump lubrication fundamentals. It describes all the modifications that were made to the Saito engine: to the air intake, the lubrication system (oil pump, oil tank and the lubrication points) and to the pistons and piston rings. Based on the research the author has come to the following conclusions: the oil pump can be operated by the crankcase vacuum, if there is a non-return valve connected to crankcase vent fitting that only allows pressure to go out of the engine; crankcase pressure in an opposed piston

reciprocating engine can be used as an oil pump from crank to oil tank; one can sufficiently lubricate a Saito engine by dripping oil on the camshafts and crankshaft; it is possible to manufacture pistons in a machine shop, but more should be done to avoid thermal expansion where it is not needed; it is not wise to fit 37 mm piston rings in a 36 mm cylinder as they will wear out elliptically resulting in poor performance.

The author considers his goals with this paper to be reached: after the modification the author could not detect any wear of engine components after modification during a 25-hour engine run test period.

TERMOREAKTIIVSETE POLÜMEERIDE VISKOOSUSE MÄÄRAMINE KÖVENEMISEL ERITAKISTUSE MÕOTMISE MEETODIL

PRIIT TÄNAV

Juhendaja Karl-Eerik Unt (MSc)

Märksõnad: komposiitmaterjalid, polümerisatsiooni juhtimine, ristsidumine, termoreaktiivsed polümeerid

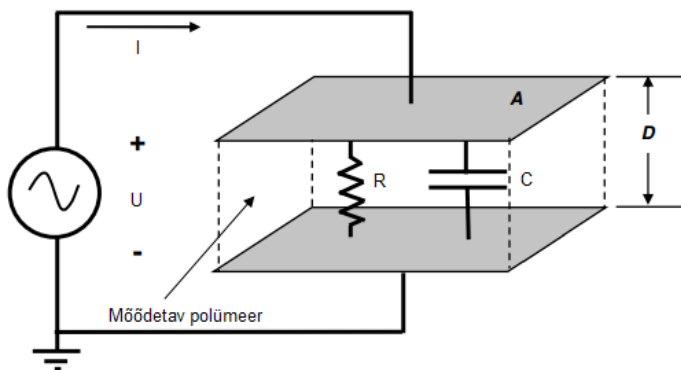
Omaduste mitmekesisuse tõttu on polümeerid leidnud lennunduses laialdast kasutust. Näiteks valmistatakse polüuretaanidest nii värvkatteid kui ka vibratsiooniisolaatoreid, polüvinüülkloriidist juhtmete isolatsiooni, polümetüülmetakrülaadist reisijate salongi aknaid ning komposiitmaterjalina mõne kiuga armeeritud epoksiididest õhusõiduki kerekonstruktsiooni ja juhtpindu. Komposiitmaterjalid koosnevad armatuurist ehk suure tõmbetugevusega kiust, enamasti süsinik-, klaas- või polüamiidkiust ning kujukindlust, toote geomeetria tagavast polümeersest maatriksist, milleks üldjuhul on epoksiidvaik. Maatriksi omaduste tagamine komposiidis on suure tähtsusega, sest maatriks kannab jõud ühelt armatuuri kiult teisele ning kaitseb armatuuri. Valmistatavate komposiitmaterjalide füüsikaliste ja mehaaniliste omaduste parendamiseks kasutatakse autoklaavahjusid, mis võimaldavad kõrge rõhu ja temperatuuri abil vältida gaasimullide teket, tagada optimaalsemat armatuuri ja maatriksi suhet ning suuremat maatriksi ristsidumisastet.

Õhusõiduki komponendid, näiteks juhtpinnad, on sageli väga suurte mõõtmetega, mistõttu nende hilisemas ekspluatatsioonis hooldus- ja parandustööde läbiviimiseks tuleb kasutada väga suuregabariidilisi ahjusid. Selliste ahjude soetamine ja käitamine on aga kulukas, mistõttu mitmed õhusõiduki tootjad on läbi oma toodete hooldusprotseduuride võimaldanud parandustöödel seadme *Hot Bonder* kasutamist. Nimetatud seadet kasutatakse vaakumlamineerimisel alarõhu ja temperatuuri reguleerimiseks. Temperatuuri tõstetakse küttekehadega mattidega. Sellise seadme/meetodi kasutamine võimaldab järgida täpselt tootja poolt välja töötatud lamineerimistsükli (temperatuur, rõhk, aeg), kuid puudub info maatriksi tegeliku ristsidumisastme kohta, mis lisaks temperatuurile, rõhule ja ajale sõltub veel ka väga olulisel määral lamineeritava/parandatava detaili geomeetriast, mahust, õhuniiskusest jpm. Seetõttu jäävad *Hot Bonderi* kasutamisel detaili tegelikud omadused teadmata.

Antud töö on jätk 2012. aastal Siim Maripuu poolt kaitstud lõputööle „Autoklaavahju juhtimisseadme konstrueerimine“ ning autor on seadnud eesmärgiks konstrueerida seade termoreaktiivsete polümeeride ristsidumis-astme ja viskoossuse kaudseks määramiseks. Kõrgem ristsidumisaste tagab maatriksile suurema tugevuse, jäikuse ning kõrgema temperatuuri- ja kemikaalide kindluse. Vaigu viskoossusparameetrid on oluliseks sisendiks autoklaavahju juhtumisseadmele lamineerimistsükli reguleerimiseks reaajas.

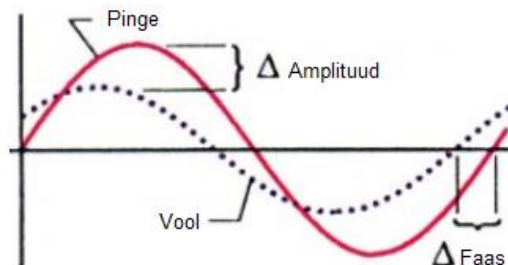
Viskoossust on oluline määrata just ristseotavate polümeeride, ehk termoreaktiivide kõvenemisel, kus ristsidemete arv määrab materjali omadused. Viskoossuse mõõtmiseks laminaadis otsesed meetodid puuduvad ning antud töös kasutatakse viskoossuse ja ristsidumisastme kaudseks määramiseks vaigu eritakistuse mõõtmist, mis on viskoossusega proportsionaalses seoses.

Eritakistuse mõõtmiseks saab polümeeri elektriliselt modelleerida paralleelselt ühendatud takisti ja kondensaatorina. Joonisel 1 kujutab punktiiriga tähistatud osa katsealust polümeeri ning hall plaatkondensaatori plaate. Polümeeris põhjustavad vahelduvvoolu aktiivjuhtivust tihti kas ebapuhtusest või lisanditest tulenevad ioonid ning reaktiivjuhtivust polaarsete molekulide pöördumine muutavas elektriväljas.



Joonis 1. Polümeeri elektriline mudel

Viskoossuse muutumisega kõvenemisel muutuvad nii aktiiv- kui ka reaktiivjuhtivus, seega ka joonisel 2 kujutatud polümeeri läbiva voolu amplituud ning faasinihe voolu ja pinget vahel.

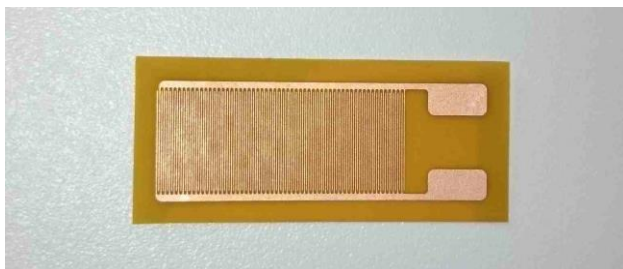


Joonis 2. Polümeeri läbiva vahelduvvoolu ajadiagramm

Amplituudi ja faasinihke mõõtmise kaudu saab leida aktiivtakistuse, millest omakorda kasutatava sensori dimensionaalsete parameetrite kaudu materjali eritakistuse.

Joonisel 3 on toodud foto mitmete teadusartiklite, näiteks “*Development of a dielectric sensor system for the on-line cure monitoring of composites*” põhjal autori projekteeritud sensorist.

Nimelt on komposiidi laminaadis keeruline täpselt tagada tüüpilise plaat-kondensaatori plaatide omavahelist kaugust, seega kasutatakse lahendust, kus plaadid on asendatud kahe kammi kujuliselt põimitud elektroodiga. Elektroodide ääreefekti tõttu mõjutab ristseotav polümeer ka sensorit läbiva vahelduvvoolu tekitatavat elektrivälja, seega muutub ka sensori poolt avaldatav takistus ja mahtuvus. Sensorid valmistati autori jooniste põhjal trükiplaate tootvas ettevõttes Shenzhen Upride Electronics Co., Ltd. Sensor on ühekordselt kasutatav, mõõtmetega 35x15 mm, polüimiidist aluskihi paksus on 50 μm , vaselektroodide paksus 17 μm ning oksüdeerumise vältimiseks kaetud orgaanilise vasekaitsega. Elektroodide piide laius ning omavaheline kaugus on 100 μm , mis määravad elektrivälja ulatuse materjali sisse.



Joonis 3.
Viskoossuse
määramise sensor

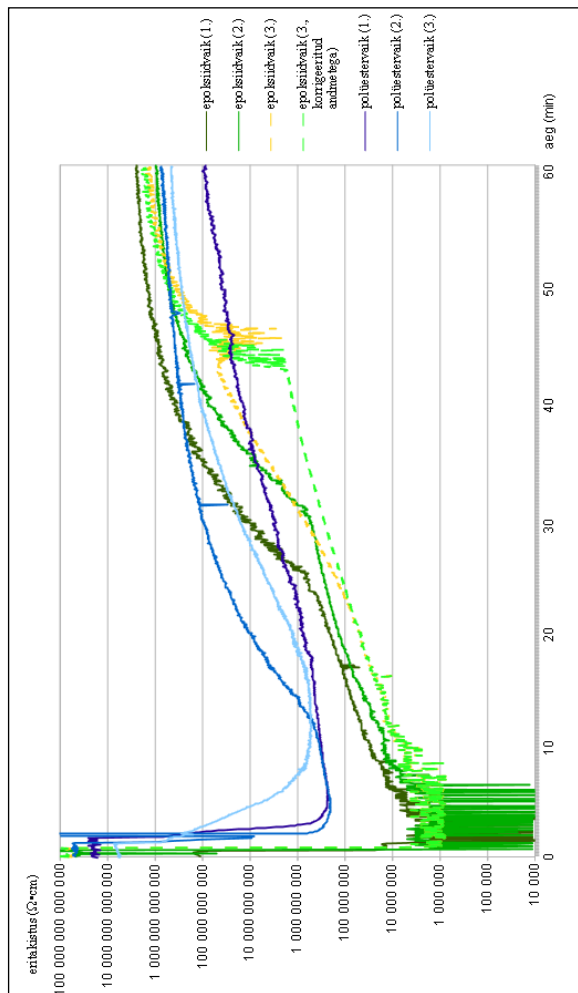
Viskoossuse määramise seadme juhtimiseks kasutati Arduino platvormil põhinevat kontrolleri. Projekteeritud elektriskeemi tööpõhimõtet testiti simulatsiooniprogrammis LTspice ning lisaks kontrolliti selle funktsioneerimist makettplaadil ostsillooskoobi abil. Skeemi kaitsmiseks ettevaatamatusest põhjustatud vigastuste ja radade lühistamise eest konstrueeriti sellele alumiiniumist korpus.

Validud mõõtemetodi ning konstrueeritud seadme kontrolliks viidi läbi kolm katsemõõtmist: katsemõõtmised difunktsionaalse epoksiidvaiguga diglüttsidüül eeter bisfenool A-st, kõvendina difunktsionaalne amiin ning võrdluseks ortoftaal-polüestervaiguga temperatuuril 45 C.

Joonisel 4 oleval graafikul on toodud roheliste joontega epoksiid- ning siniste joontega polüestervaiguga sooritatud katsete tulemused. Horisontaalteljel on aeg minutites ning vertikaalteljel logaritmilises skaalas eritakistus ühikuga oom korda sentimeeter. Graafikul võib täheldada astmekasvu reaktsioonil polümeeriseeruva epoksiidvaiguga sooritatud esimese ja teise katsemõõtmise 30. minuti paiku toimuvat nihet eritakistuse muutumise kiiruses. See on seletatav polümeeri esimeses astmes moodustunud lineaarsete ahelate ristsidumisega, kus makromolekuli vabadusastmed hakkavad ristsidemete moodustumisel kiiresti vähenema ning millest on tingitud ka eritakistuse suur kasv. Kollase katkendliku joonega on välja toodud kolmanda epoksiidvaiguga sooritatud katse tulemused, mille erisuste analüüsil esimesest ja teisest selgus, et 45 minuti vältel oli faasinihke nurk vastupidiselt eeldatavale hoopis positiivne ning 18 minuti vältel muutumatult 3,99 kraadi. Lahutades kõigist kolmanda katse faasinihke nurga mõõteandmetest 4 kraadi, saadi graafikul esitatud roheline katkendlik joon, mis ühtib esimese ja teise katse tulemustega. Ahelakasvu reaktsioonil ristseotava polüestervaiguga sooritatud katsetes hüppelisi viskoossuse muutumise kiiruse suurenemisi ei tulene, mida võis ka eeldada, sest polümerisatsiooniprotsessis puuduvad kindlad astmed.

Kuigi seadme töökindlusprobleemide likvideerimine nõuab edasisi katsetusi, on antud tulemuste põhjal võimalik veenduda mõõtmismeetodi rakendatavuses.

Lõputöö raames projekteeriti ja konstrueeriti viskoossuse määramise seade ning vastav sensor, viidi läbi katsemõõtmised ning nende tulemuste põhjal veenduti seadme rakendatavuses.



Joonis 4. Epoksiid- ja polüestervaigu kõvenemise katsed

P. Tänav. *Termoreaktiivsete polümeeride viskoossuse määramine kõvenemisel eritakistuse mõõtmise meetodil: lõputöö, juhendaja Karl-Eerik Unt (MSc). Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.*

Kasutatud materjalide loetelu sisaldab 21 allikat.

SUMMARY

DETERMINING DEGREE OF CURE OF THERMOSET POLYMERS USING RESISTIVITY MEASUREMENT METHOD

Key words: composite materials, control of polymerization, cross-linking, thermoset polymers

Composite materials have found great use in aerospace industry due to their excellent specific strength. Composite materials consist primarily of high tensile strength fibres and a polymer matrix that transfers loads among fibres. The matrix also defines the shape of the product and it protects the fibres. Therefore it is essential to maximize the polymer cross-link density in order to increase the strength, stiffness, chemical and thermal resistance of a component.

The purpose of this graduation thesis is to design and construct a device for determining the degree of cure in thermoset polymers during polymerization. This device provides the necessary data input about the polymer's degree of cure to the autoclave controlling system constructed by Siim Maripuu in 2012.

As it is not possible to directly measure the viscosity of a polymer during cure, an indirect method of measuring the resistivity was selected, as resistivity is proportional to viscosity. The corresponding sensor was designed and manufactured in accordance with applicable scientific articles. The degree of cure measurement apparatus was designed and tested using electrical circuit simulation software and an oscilloscope.

In order to validate the chosen method of determining the viscosity, two sets of measurements were carried out with epoxy and polyester resins. The epoxy test results displayed a rapid rise in viscosity after about 30 minutes. That can indicate the beginning of cross-linking linear chains. No such step was indicated in polyester tests as the polymerization of polyester is monotonous.

In conclusion the developed apparatus can be used in autoclave controlling systems to obtain better mechanical properties of a polymer matrix and to define the end of cure.

ELEKTRILIINIDE INSPEKTEERIMISEKS MÕELDUD MEHITAMATA ÕHUSÕIDUKI AERODÜNAAMIKA ANALÜÜS

PÄRTEL-PEETER KRUUV

Juhendaja Peep Lauk, konsultant Heino Kõrvel

Märksõnad: elektriliinide inspekteerimine, Rohelohe OÜ, Tragi OÜ, mehitamata õhusõiduk

Mehitamata lennundus on kiiresti arenev ning väga suure potentsiaaliga lennundusharu, mille võimalused ning erinevad teenused on tsiviiltarbijate jaoks alles arendusjärgus. Eestis on ligikaudu 5 400 km vähemalt 35 kV elektriliine, mille seisukord ning raiekoridorid metsades vajavad pidevat monitooringut. Elektriliinide inspekteerimine on hädavajalik eeldus, et tagada tarbijatele kvaliteetsed energialahendused. Võrguteenust pakkuvad firmad on huvitatud soodsast ja automatiseeritud liinide inspekteerimisteenusest, mille jaoks on mehitamata lennuk üks lahendustest.

Käesoleva artikli autor konsulteeris Rohelohe OÜ-ga, mille tulemusel leiti, et parim lahendus kogu soovitava tehnika õhku viimiseks on kahest võistlus-mudellennukist Tragi 801 *Cluster* koostatud uus lennuk, mille tiivaulatus on ligikaudu 5 m.

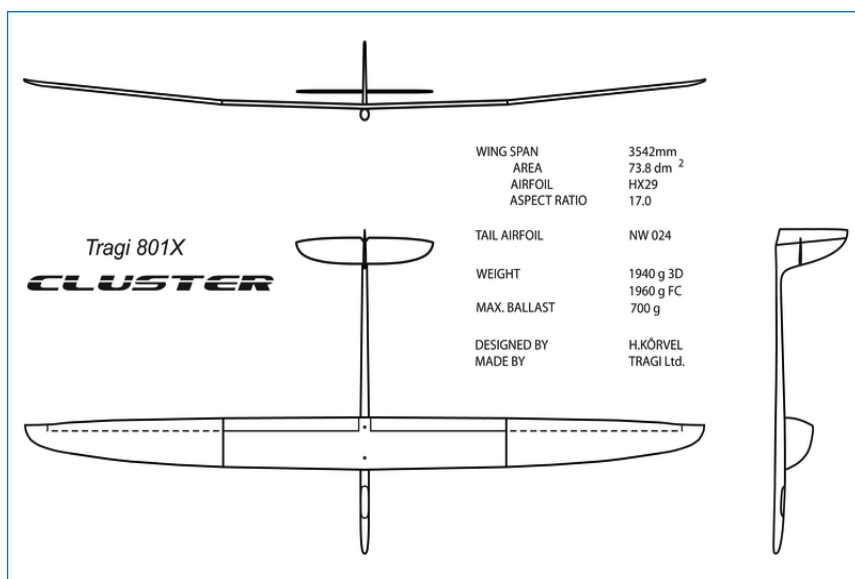


Joonis 5. Rohelohe OÜ mehitamata lennuk (autori joonis)

Valitud lahendus võimaldas mõistliku hinna juures saada moodulitest koosneva lennuki, mida toodetakse Tartus ning mille konstruktsiooni oli võimalik modifitseerida juba tootmise käigus.

Platvormi valmislahenduse kasutamine oli mõistlik, sest see aitas kokku hoida tootmis- ja arenduskuludelt ning pakkus väga kõrget tootmiskvaliteeti. Lennuki jõuallikateks on kaks harjavaba elektrimootorit, mida käitavad LiPo akud.

Lennukile lisati keskne gondel, kus asuvad akud ning põhilised juhtimis-süsteemid ning kaamerad koos stabiliseeritud alustega. Gondli külge kinnituvad ka lennuki jalgratas-tüüpi teliku pearattad.



Joonis 6. Võrdlus algse doonor-lennukiga Trai 801 *Cluster*

Hoolimata autori varasemast kogemusest Tragi 801 *Cluster* lennukiga, oli käsitletav uus lennuk originaalist ligi 15 korda suurema stardimassiga ning täiesti erineva lennukarakteristikuga. Nimetatud põhjustel tekkis vajadus täieliku aerodünaamilise analüüsi järele, et tagada ohutu esmalend ning hinnata kogu platvormi lennuomadusi erinevatel režiimidel. Lõputöös keskenduti eelkõige lennuomadustele, jättes välja konstruktsioonile mõjuvate aerodünaamiliste koormuste analüüsi.

Aerodünaamiline analüüs viidi läbi autori valikul vabavaralise tarkvara XFLR5 abil. Antud tarkvara võimaldas kõige mõistlikumalt analüüsida erinevaid kasutatavaid tiiva profiile üksikult ja terviklikku koostut koos kere, saba ja tagatiibadega.

Käsitletava lennuki puhul on tegu alles prototüübiga ning seetõttu tuli arvestada varieeruva lennukaalu ja lennukiirusega. Lennukiiruste vahemiku defineeris eelkõige kasutatavate fotokaamerate Nikon D800 pildistamiskiirus ning lennukõrgus, mis omakorda olid sõltuvad soovitatavast pildiresolutsioonist maapinnal. Lõpptulemusena leiti, et fotode tegemiseks sobiv lend võiks toimuda 80 m kõrgusel kiirusega ~19 m/s. Lisaks oli võimalik määrata eeldatav lennukaal, mis jäi vahemikku 20–25 kg. Saadud andmed võimaldasid lennuki aerodünaamilisi omadusi arvesse võtmata välja arvutada vajaliku tõstejõu koefitsiendi, mida peab lennuki tiib tekitama, et tagada stabiilne horisontaallend (tõstejõu koefitsient on suurus, mis iseloomustab keha suutlikkust tekitada tõstejõudu olenemata tema suurusest või keskkonnast). Arvesse tuli võtta, et lennukaal ja -kiirus võivad hilisemalt varieeruda suures vahemikus – parima ülevaate saamiseks koostati maatriks, mille abil oli võimalik hinnata hilisema analüüsi tarbeks lennurežiimide realistlikkust.

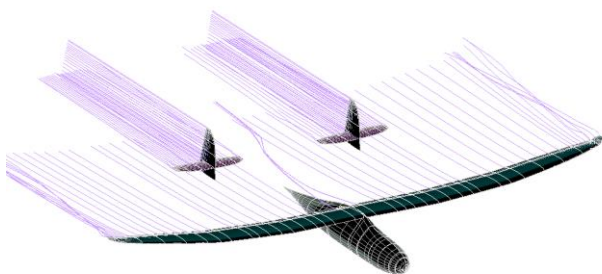
Tragi 801 *Cluster* tiib sisaldab seitset erinevat tiivaprofiili, mis erinevad teineteisest suhtelise kumeruse ja suhtelise kõrguse poolest. Selline lahendus on vajalik tiiva induktiivtakistuse vähendamiseks ning juhitavuse tagamiseks väikese raadiusega ringe lennates. Analüüsi mõistes tähendas see, et kõiki tiivaprofiile tuli analüüsida väga suures nurkade ja Reynolds-i arvu vahemikus, mis ühtlasi tähendas arvutuste väga suurt mahtu. Tervikuna simuleeriti enam kui 80 erinevat tiivaprofiili ja tagatiiva asendi kombinatsiooni Re-arvu vahemikus 3000 – 500 000.

Projektis kasutatud Tragi 801 *Clusteri* tiiva eripäraks võib lugeda väga suured juhtpinnad ning võimaluse suurendada tagatiibade väljalööki 90-kraadini. Nagu ka piltidelt näha, asuvad juhtpinnad praktiliselt kogu tiiva ulatuses, mis võimaldab tiiva profiili lennus muuta ja saavutada seeläbi suuremat tõstejõudu või madalamat lennukiirust. Sobivate lennukiiruste ja tagatiiva asendite leidmine igaks lennurežiimiks oli ka lõputöö keskne eesmärk. Analüüsides keskenduti neljale erinevale lennurežiimile, milleks olid:

- õhkutõus
- reisilend
- fotografeerimislend
- maandumine.

Tagatiibade $+15^\circ$ väljalöögi puhul on võimalik õhku tõusta juba kiiruselt 15,4 m/s. Arvestades lennuki suhteliselt suurt tiiva pinnakoormatust saab sedavõrd madalat õhkutõusu kiirust lugeda igati eeskujulikuks. Reisilennu kiirus on eelkõige piiratud propellerite sammuga, sest aerodünaamiliselt on konstrueeritud lennuk võimeline lendama ka kiirusega üle 30 m/s.

Maandumisrežiimi analüüs osutus oodatust keerulisemaks, kuna kasutatav tarkvara ei võimaldanud usaldusväärselt simuleerida väga turbulentseid õhuvoole, mis tekivad enam kui $+25^\circ$ tagatiiva väljalöögi juures. Arvestades minimaalset õhkutõusu kiirust, on aga võimalik väita, et ohutu maandumiskiirus jääb alla 16 m/s.



Joonis 7. Ekraanitõmmis simulatsiooni tarkvarast XFLR5 (autori joonis)

Kõikide lennurežiimide analüüsi puhul tuli arvutis simuleeritava lennuki juures teha modifikatsioone, et kasutatav tarkvara annaks realistlikke simulatsiooni tulemusi. Eelkõige tekitasid arvutushälbeid keerulise geomeetriaga tiiva tipud ja keskmise gondli ning tiiva ühenduskoht.

Autori hinnangul jääb saadud lennukiiruste viga keskmiselt siiski $\pm 10\%$ piiresse.

Sellise täpsuse saab lugeda piisavaks, et läbi viia esmased lennukatsetused ning reaalselt mõõta arvutusvea suurus. Antud artikli kirjutamise hetkeks ei ole reaalselt lennukatsetusi toimunud, mis tähendab, et kõikide arvutuste põhjal saadud tulemuste paikapidavus vajab veel kontrollimist.

Lisaks sooritatud analüüsidele on lõputões käsitletud ka võimalikke modifikatsioone, et lennuomadusi veelgi parandada. Tiiva otsa voolundajad ehk nn *winglet*-id ja tiiva tagaserva käivad täiendavad miniklapid on autori hinnangul perspektiivseimad edasised täiendused, mida tasuks kaaluda. Samas vajavad mõlemad mainitud modifikatsioonid põhjalikumaid analüüse täiuslikuma tarkvara ja reaalseste katsetuste abil.

Analüüsi ja selle tulemusi hinnates võib öelda, et tegu on suure potentsiaaliga mehitamata platvormiga, mille lennuomadused ja kandevõime võimaldavad täita väga mitmekülgsed missioonid. Selleks, et analüüsi tulemusi kinnitada või korrigeerida, on aga hädatarvilik läbi viia katselennud kõigis lennurežiimides. Tarkvara XFLR5, mida antud töö juures kasutati, võimaldab küll mugavalt simuleerida erinevaid lennurežiime ja saada tulemuseks suures mahus informatsiooni, kuid hilisemaks peenhäälestuseks või väga turbulentse õhuvooluga piirkondade analüüsimiseks tuleks kasutada professionaalsemaid tarkvarasid ja kordades suuremat arvutusvõimsust.

P.-P. Kruuv. *Elektriliinide inspekteerimiseks mõeldud mehitamata õhusõiduki aerodünaamika analüüs: lõputöö, juhendaja Peep Lauk, konsultant Heino Kõrvel. Eesti Lennuakadeemia, Ülenurme 2015.*

SUMMARY

ANALYSIS OF AERODYNAMICS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR POWER LINE INSPECTION

Key words: power line inspection, Rohelohe OÜ, Tragi OÜ, unmanned aerial vehicle (UAV)

Rohelohe OÜ started their development of the unmanned aerial vehicle (UAV) for the power lines inspection late in 2013.

The purpose of this graduation thesis was to give an overview of the analysis of aerodynamics of UAVs performed on a computational model of the aircraft. Since the aircraft is constructed by combining two radio controlled model gliders, but planned to be flown with around 8–12 times the original flying weight, the flying properties must be estimated as accurately as possible to provide safe and successful test-flight phase. Propulsion of the current prototype is purely electric, which means that optimizing all the parameters for the most efficient flight is the key to provide longer flight duration and greater

range. Maximum take-off weight of the aircraft should stay in the range of 20–22 kg with the wingspan of ~5 m and surface area of 1.1 m².

The main purpose of the thesis was to provide useful information for the upcoming test-flight program, estimate safe speeds and control surface settings for different flight stages and estimate the power consumption for the horizontal flight.

The analysis showed that although the flying weight has risen, the possible take-off and landing speed can still be around 16 m/s, which is a clear sign of a very capable airframe. As the wing of the original Tragi 801 *Cluster* uses seven different airfoils each with different washout, the complexity and accuracy of the simulations was mainly limited by the computational power of the author's PC. Nevertheless, it can be estimated that errors of the calculated speeds are within +/- 10%.

Based on the work completed the author concludes that the constructed airframe is definitely flight worthy and can be flown with wide range of airspeeds and flying weights. The simulations showed that the high aspect-ratio wing is effective and six control surfaces allow the airfoil to be shaped to allow slow landings and fast cruise.

ÕPPEJÕUDUDEL

ÜLEVAADE LENNULIIKLUSE INSENER-TEHNILISE PERSONALI KOOLITAMISEST

NELE ANDRESEN

ELA side ja navigatsiooni osakonna hoidja

Märksõnad: lennuliikluse insener-tehniline personal, väljaõpe, lennuohutus

Sissejuhatus

Artiklis antakse ülevaade Euroopa Komisjoni määruse projektist, Euroopa Liidu liikmesriikide tegemistest lennuliikluse insener-tehnilise personali (edaspidi ATSEP – *Air Traffic Safety Electronics Personnel*) koolituse valdkonnas ja Eesti Lennuakadeemia lennunduse side- ja navigatsiooni-süsteemide käitamise õppekavast eesootava regulatsiooni valguses.

Lennuliikluse insener-tehnilist personali defineerib Euroopa Lennundusohutusamet kui töötajaid, kes on volitatud ja pädevad töötama funktsionaalsete süsteemidega, neid hooldama, kasutuselt kõrvaldama ja uuesti kasutusele võtma. Funktsionaalne süsteem on kombinatsioon protseduuridest, inimressursist ja seadmetest (sh riist- ja tarkvara), mida kasutatakse lennuliikluse korraldamiseks. (EASA, 2014 a)

Võrreldes pilootide ja lennujuhtidega, on koolitusnõuded insener-tehnilisele personalile senini olnud pigem üldsõnalised ja soovituslikud. Järgnevatel aastatel on aga oodata selles osas muudatusi. Valminud on Euroopa Komisjoni määruse projekt, mis peaks Euroopa Lennundusohutusameti lennuliiklus-teeninduse valdkonna regulatsioonide osakonna esindaja Ken Engelstadi sõnul jõudma Euroopa Komisjonis hääletusele käesoleva aasta oktoobris (Engelstad, 2015).

Eesootav regulatsioon

Euroopa Lennundusohutusamet on ette valmistanud määruse projekti, mis peaks lennuliikluse insener-tehnilise personali omandatud teadmisi ja oskusi läbi koolitusnõuete reguleerima. Määruse projekti järgi peab teenusepakkuja veenduma, et ATSEP on läbinud vastava väljaõppe. (EASA, 2014 a)

Koolitus on regulatsioonis jaotatud baaskoolituseks (*basic training*), pädevuskoolituseks (*qualification training*), süsteemi ja seadmete koolituseks (*system/equipment rating training*) ning täienduskoolituseks (*continuation training*) (vt Joonis 2).

Baaskoolituses on kohustus läbida kõigil ATSEP-idel ühine moodul, mis sisaldab sissejuhatust valdkonda ja lennuliikluse korraldamise aluseid. Ka pädevuskoolituses on üks kõigile kohustuslik moodul, mis sisaldab ohutusjuhtimise, ATSEP-i tervise ja ohutuse ning inimfaktori temaatikat. Edasine ATSEP-i koolituskava võib sõltuda täpsemast valdkonnast, kus töötama hakatakse. Näiteks seiresüsteemide insener ei pea läbima navigatsiooni kursusi ja sideinsener seire temaatikat. (EASA, 2014 b)

Baas- ja pädevuskoolituse ainekavad on toodud nõuete täitmise aktsepteeritud meetodites (AMC – *acceptable means of compliance*) õpiväljundite, õpiväljundite saavutamise taseme ja teemade detailsusega (vt Joonis 1). (EASA, 2014 c)

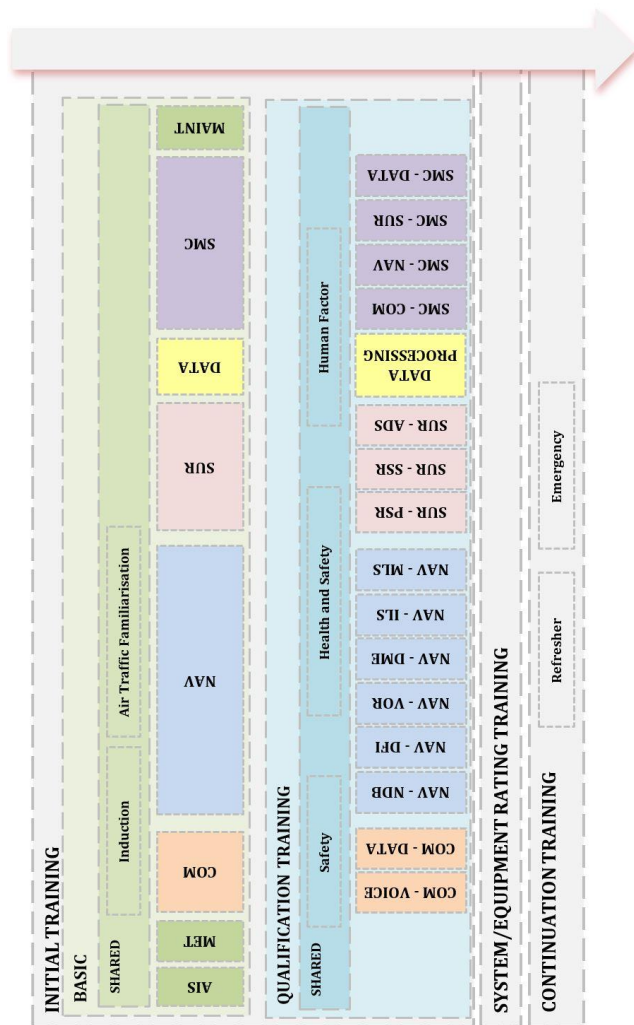
Stream COM-VOICE			
SUBJECT 1: VOICE			
TOPIC 1: AIR-GROUND			
SUB-TOPIC 1.1: Transmission/reception			
1.1.1	Perform typical measurements on a transmitter	3	Frequency (single carrier, offset carrier), modulation, channel spacing, output power, SWR
1.1.2	Adjust a generic radio transmitter	4	Noise, intermodulation, harmonics, power, bandwidth
1.1.3	Analyse the block diagram of a generic radio transmitter	4	Characteristics (modulation, single carrier, channel spacing), functionalities

Joonis 1. Väljavõte pädevuskoolituse side õppeaine ainekavast (EASA, 2014 c)

Süsteemi ja seadmete koolitus sõltub vastavalt ATSEP-i valdkonda kuuluvatest süsteemidest ja seadmetest ning see peab tagama, et ATSEP omandab teadmised ja oskused seadmete funktsionaalsustest, ATSEP-i tegevuste mõjust süsteemile ning süsteemi toimivusest kogu lennuliikluse süsteemi alamosana. (EASA, 2014 b)

Täienduskoolitus sisaldab teadmiste värskendamist, seadmete ja süsteemide uuendusi ning eriolukordade koolitust. (EASA, 2014 b)

Kahjuks puudub praegu ülevaade sellest, kuidas Eesti Lennuamet regulatsiooni Eestis rakendada hakkab, vastavad siseriiklikud määrused on koostamisel. (EASA, 2014 b).

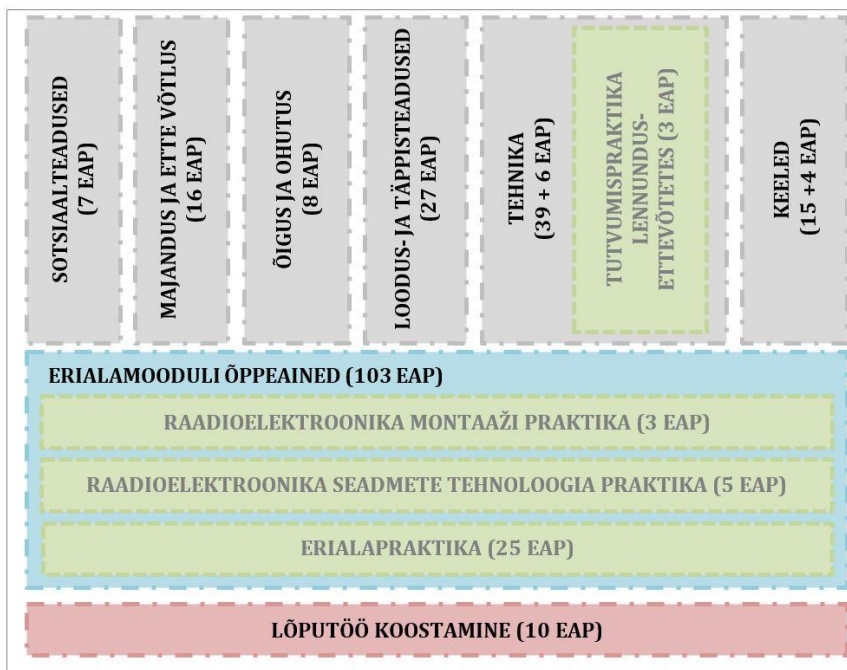


Joonis 2. Lennuliikluse insener-tehnilise personali koolituse skeem

Mõju akadeemia õppele

Eesti Lennuakadeemia koolitab lennunduse side- ja navigatsioonisüsteemide käitamise (edaspidi CNS) õppekaval spetsialiste, kes asuvad tööle ATSEP-idena, aga ka näiteks telekommunikatsiooni, elektroonika, informaatika jms valdkonnas inseneridena.

CNS rakenduskõrghariduse õppekava on üles ehitatud moodulsüsteemis (vt Joonis 3). Õppekava koosneb kaheksast moodulist, mis jagunevad nelja õppeaasta peale. Esimesel kahel aastal on suur rõhk reaalainete omandamisel, mis annab eelduse erialainete õppimiseks. Erialainete läbiviimisel tehakse koostööd Tallinna Tehnikaülikooli raadio- ja sidetehnika instituudiga ning kasutatakse lennundusalaste õppeainete õppejõududena lennundusettevõtete spetsialiste. Õpe lõppeb rakenduskõrghariduse lõputöö kaitsmisega.



Joonis 3. Lennunduse side- ja navigatsioonisüsteemide käitamise õppekava

Õppekavajuhina leiab autor, et Eesti väikeste lennundusettevõtete tõttu peavad Eestis töötavad ATSEP-id omama laiemat pilti lennundusest ning lähima koolituse käigus rohkem mooduleid kui määruse projekt miinimumina ette näeb.

Kehtiv CNS-õppekava ei võimalda väga kitsast spetsialiseerumist, st algusest peale ei saa spetsialiseeruda ainult ühele valdkonnale. Kõik CNS-õppekava üliõpilased läbivad side, navigatsiooni ja seire õppeained. Spetsialiseerumine toimub neljandal kursusel sooritatava erialapraktikaga.

Järgnevatel aastatel tuleb teha veel mitmeid õppekava muudatusi. Kehtiva õppekava analüüsil on selgunud, et õppekavas on puudu regulatsiooni järgi kohustuslikke elemente. Õppeainetesse Sissejuhatus lennundusse I ja II tuleb lisada teemasid ATSEP-õppekava õppeainest Sissejuhatus erialasse, mis on ühtlasi ka ATSEP-baaskoolituse kohustuslik osa. Erialamoodulisse tuleb lisada uue õppeainena pädevuskoolituse kohustusliku ühise osa teemasid, mida hetkel on õppekavas väga vähe käsitletud (ohutus, ATSEP-i tervis ja ohutus ning inimfaktor).

Analüüsist selgus ka, et õppekavas ei ole käsitletud paari teemat (hooldusprotseduurid, aeronavigatsiooniline teave, süsteemide järelevalve, lisaseadmed ja -süsteemid), mis ei ole ka regulatsiooni järgi kohustuslikud kõigile ATSEP-idele. Siiani pole õppekava nõukogu nende teemade lisamist vajalikuks pidanud, kuid uue regulatsiooni valguses peab nende teemade osas uuesti nõu pidama.

Ülejäänud õppekava muudatused puudutavad ainekavade täiendamist ja vajadusel õppeainete mahtude korrigeerimist, millega on side ja navigatsiooni osakond juba alustanud. Õppejõud analüüsivad ATSEP-koolituse ainekavasid ning täiendavad vastavalt sellele ka CNS-õppekava õppeainete ainekavasid ning õppematerjale.

ATSEP-koolitus Euroopas

Euroopa Lennuliikluse Ohutuse Organisatsioon (edaspidi EUROCONTROL – *European Organisation for the Safety of Air Navigation*) korraldas juunis 2015 ATSEP-teemalise töötoa, kus oli 94 osalejat 45 erinevast organisatsioonist ja 31 riigist. Osalejate seas oli aeronavigatsiooniteenuse osutajate, lennuametite, koolitusorganisatsioonide jt seotud asutuste töötajaid. Autoril oli võimalus elnimetatud üritusel osaleda. Töötoas anti ülevaade regulatsioonist ning jagati kogemusi ATSEP-koolituse teemadel.

Töötoas korraldatud küsimustikust selgus, et enamasti on aeronavigatsiooni-teenuse osutajal (edaspidi ANSP) koolitusorganisatsioon, mis tegeleb ATSEP-ide väljaõppega algkoolitusest kuni täienduskoolitusteni, kuid koolitusmahud on väikesed. ANSP-d vajavad keskmiselt 1–5 uut ATSEP-i aastas, mis tähendab, et koolituse korraldamine on raske ja ebaefektiivne, sest tihtipeale on ka koolitusvaldkonnad erinevad. Näiteks vajatakse navigatsioonigruppi uut töötajat ja seiregruppi teist uut töötajat, nende koolituskava on aga väga erinev. Probleemi lahendamiseks on algatatud mitmeid koostööprojekte (nt ühised õppematerjalid, eksamiküsimuste kogu, e-õppe arendamine). Probleemi leevendavad ka koolitusorganisatsioonid, mis tegelevad väljaõppega väljaspool ANSP-sid (nt Skyguide, DFS, Entry Point North) ning ka kõrgkoolid (nt ENAC). (Eurocontrol, 2015)

Töötoas toodi välja, et ATSEP-ide kvaliteetse koolituse korraldamiseks on vaja kasutada valdkonnas tegevaid insenere. Inseneride kasutamine õppetöös on aga tihtipeale keerukas. Head insenerid on väga hõivatud põhitööga ning samuti ei pruugi neil olla õpetamispädevusi või –soovi. Ühe võimaliku lahendusena nähakse Euroopas ühtse õpetajate kogukonna loomist ning ühiskoolituste korraldamist.

Töötoa kogemuse põhjal võib öelda, et on riike ja organisatsioone, mis juba praegu vastavad ATSEP-koolituse võimalikele regulatsioonidele. Samas on ka palju riike/organisatsioone, mida ootab ees suur töö väljaõppe ülesehitamise näol.

Kokkuvõte

Järgneval paaril aastal on oodata muudatusi lennuliikluse insener-tehnilise personali väljaõppes, mis suurendavad lennuohutust ning eeldatavasti võimaldavad insener-tehnilise personali suuremat liikuvust Euroopa liikmesriikide vahel. Astutud on suuri samme efektiivsema ja kvaliteetsema väljaõppe suunas, kuid palju muudatusi ning keeruliste probleemidega vastamisi seismisi on veel ees.

Kasutatud materjalid

1. EASA. (2014 a). *European Aviation Safety Agency*. Allikas: Requirements for service providers and the oversight thereof, Opinion 03/2014 Annex: <https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/Annex%20to%20draft%20CR%20to%20Opinion%2003-2014.pdf>

2. EASA. (2014 b). *EASA. Allikas: Draft CR to Opinion 03/2014*: <https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/Draft%20Commission%20Regulation%20to%20Opinion%2003-2014%20%28v1%29.pdf>
 3. EASA. (2014 c). *ACCEPTABLE MEANS OF COMPLIANCE AND GUIDANCE MATERIAL*.
 4. Engelstad, K. (2015). Working together to implement ATSEP regulation. *ATSEP Workshop Report* (lk 66-80). Luxembourg: Eurocontrol IANS.
 5. Eurocontrol. (27. 08 2009. a.). *EUROCONTROL Specification for Air Traffic Safety Electronics Personnel Common Core Content Initial Training*. 220. Luxembourg.
 6. Eurocontrol. (2015). *ATSEP Workshop Report*. Luxembourg: Eurocontrol.
-

MAJANDUSE JA ETTEVÕTLUSÕPPE KAASAJASTAMINE JA ARENGUSUUNAD ESTI LENNUAKADEEMIAS

JÜRI KRUSEALLE (PhD), ELA lennundustegevuse korralduse osakonna
dotsent

PRIIT PAJUSTE (MSc), ELA lennundustegevuse korralduse osakonna
juhataja

AEVAR VALDAS (MA), EMÜ Agraarökonoomika ja turunduse instituudi
lektor

Märksõnad: ettevõtlusõpe, juhtimisoskused

Kas soovite alustada oma äri ja muuta selle kasumlikuks ettevõtteks? Küsides auditooriumis tudengitelt sellise küsimuse, vastab jaatavalt enamasti ainult umbes kolmandik. Eurobaromeetri 2007. aasta uuringu andmetel ei olnud 61% eestlastest mõelnudki oma ettevõtet luua ja vaid viis protsenti tööelistest elanikest tegeles aktiivselt ettevõtlusega.

Miks on see nii? Kas ettevõtlus ja ettevõtlikkus on jätkuvalt nähtused, mille osas valitseb defitsiit. Põhjuseid võib olla mitmeid. Tähtsamatena võib välja tuua järgmised:

- puudujäägid ettevõtlusõppe arendamisel hariduse omandamise erinevatel astmetel,
- meil pole kogemusi ettevõtlusriskide võtmisega. Eesti väikeses kogukonnas võetakse igat ebaõnnestumist ettevõtluses väga valulikult ja seda võimendab tihti ka meedia,
- vajakajäämised ettevõtete ja ettevõtlust õpetavate institutsioonide koostöös. Levinud on ka arvamus, et ettevõtlusõpet on vaja põhiliselt neile inimestele, kes kavatsevad asutada oma ettevõtte. Eurobaromeetri 2007 uuringu järgi oleks neid ligikaudu 5% tööelistest elanikkonnast.

2009. a septembris avaldatud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ettevõtlusõppe töörühma koostatud raport ja tegevuskava aastateks 2010 – 2013 „Ettevõtlusõpe Eesti kõrgkoolides“ toob välja, et:

- Majanduskasvu perioodil paranes Eesti elanike ettevõtlikkus, jõudes Euroopa keskmisele tasemele. Peamised probleemid on seotud teadmiste ja oskuste vähesusega ning kõrgkooli lõpetanute vähese ettevõtlus-

aktiivsusega. Majanduslanguse mõju ei pruugi soosida ettevõtlus-aktiivsuse kasvu.

2008.a viidi GUESS-programmi raames üliõpilaste hulgas läbi rahvusvaheline uuring, selgitamaks välja tudengite hoiakuid ettevõtluse õpetamise ja õppimise suhtes.

Üldiselt võib uuringu tulemustele tuginedes väita, et tudengid peavad majandus- ja ettevõtlusainete õpetamist väga oluliseks. Uuringu tulemused viitasid, et tudengite rahulolu pakutavaga on pigem üle keskmise.

Samas tõid eksperdid välja, et vaid vähesed kursused on keskendunud ettevõtliku hoiaku loomisele ning praktikuid ja vilistlasi kasutatakse õppeainete õpetamisel vaid vähesel määral.

Soovitustes oli välja toodud, et lähtuvalt meie vajadusest liikuda teadmiste-põhise majandusmudeli suunas, tuleks erilist rõhku pöörata ettevõtlus- ja majandusainete integreeritusele kõrgkoolide mitte-majanduserialade õppekavades. Paraku näitas mitte-majanduserialade kaardistus, et üldine olukord ei anna rahuloluks põhjust. Umbes 45% bakalaureuse- ja magistriõppe mitte-majanduserialade õppekavades puudusid igasugused majandus- ja ettevõtlusained ning vaid 14 – 15% õppekavadest oli tudengil ligipääs nii kohustuslikele kui ka valikainetele majanduse- ja ettevõtluse valdkonnas.

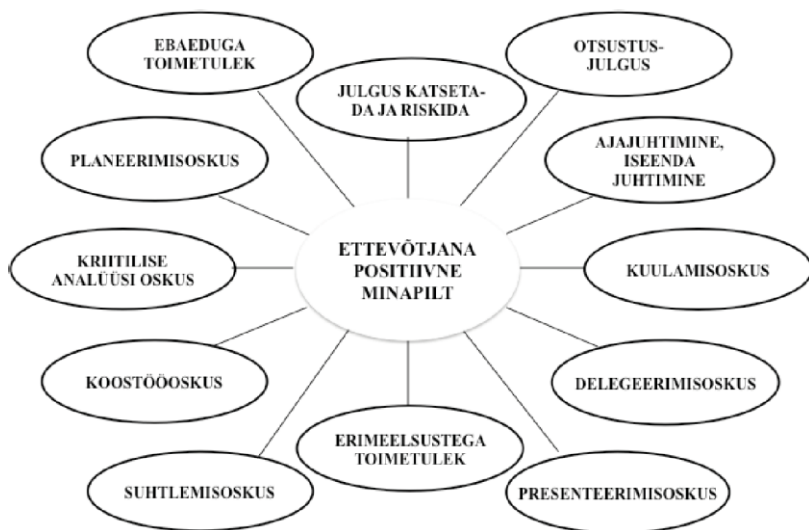
Samal ajal peavad tudengid ise majanduse- ja ettevõtlusainete õpetamist õppekavade raames väga oluliseks. Kolm neljast tudengist tahaks oma õppekavas näha ettevõtluskursuseid. See on aga selges vastuolus vastavate ainete kättesaadavusega kõrgkoolides.

Eesti Lennuakadeemia kõikides õppekavades on alati olnud majandusliku sisuga ained loetuna nii kui akadeemia enda kui ka Tartu Ülikooli poolt. Viimasel kahel aastal on oluliselt edasi arendatud ja täiendatud majandusmoodulit kui tervikut. Kõikidesse õppekavadesse on sisse viidud kaks kohustuslikku alusainet: Majandusteaduse alused 4 EAP ja Ettevõtluse alused 5 EAP-i mahus, mille sisupool on varasemaga võrreldes muutunud rohkem elulisemaks. Selline lähenemine tagab kõikidele tudengitele vajalikud algetadmised majanduse ja ettevõtluse valdkonnast, kujundab ettevõtluse alustamiseks positiivseid hoiakuid ning võimaldab tudengitel vabaainena valida kõiki teisi majandusmooduli aineid 47 EAP hulgast. Üliõpilane saab täiendada just talle vajalikke oskusi ja saada juurde huvitavaid teadmisi. Eesmärgiks on ettevõtlusõppe ainete omandamise ja praktiseerimise kaudu arendada üliõpilastes ettevõtlikku ja ressursse säästvat eluhoiakut. Analüüsides Eesti

Lennuakadeemia õppeinfosüsteemis ainete tagasisidet saab öelda, et tudengite rahulolu majandusainetega on tõusnud. Ligikaudu kaks kolmandikku tudengitest hindas uusi ainekursusi hindeg A, mis innustab majandusmoodulit edasi arendama samu põhimõtteid järgides.

Eestis on leidnud laialdast propageerimist ettevõtlusõpe oma erinevates vormides ja erinevatel haridusastmetel. Sageli alustatakse sellega juba gümnaasiumi tasemel ja kõrgkooli jõudnud noor omab juba reaalsemat ettekujutust, millega on tegemist. See on väga hea, sest erinevate riikide kogemused näitavad, et ettevõtlusõppel on märkimisväärne positiivne mõju noorte tulevikule. Selles õppes osalenud noored loovad teistest sagedamini oma ettevõtte, kuid leiavad ka kergemini tööd teistes organisatsioonides. Tänaused noored jagunevad laias laastus kahte gruppi ühed on loojad ja teised tarbijad. Oluline on, et esimesel grupil jätkuks julgust ja sisemist motivatsiooni ning ideid genereerimaks uusi äriideid, mis kirkastaksid meie toodete ja teenuste valikut ning võimaldaksid teisel grupil nautida tarbimist kui protsessi.

Rääkides ettevõtluse õppeprotsessist kui tervikust, siis uus suund on keskne-duda laialdaste teoreetiliste teadmiste õpetamiselt rohkem ettevõtluses vajalike oskuste õpetamisele. Mis on need vajalikud oskused mida tulevane ettevõtja vajab äris hakkama saamiseks? Mitmete välismaa autorite (Ferreira, Correia) ja eesti autori Torokoffi arvates ettevõtjale olulised oskused on toodud joonisel 1. Nagu jooniselt näha, eeldatakse ettevõtjalt paljusid oskusi. Neid ei ole võimalik omandada paari ainekursusega, vaid nende õpe peab hõlmama kogu õppeprotsessi. Seega on õppekava arendamisel oluline jälgida, millised on ainete omavahelised seosed ja mõistlik järgnevus, et õpetatavad oskused kinnistuksid ja moodustaksid kooli lõpetamisel ühtse terviku. Alati jääb aga alles võimalus, et õppeprotsessi läbinu omandab küll oskused, aga mingil põhjusel ei rakenda neid.



Joonis 1. Ettevõtlikuks käitumiseks ja ettevõtjaks kujunemiseks peamised vajalikud oskused. Koostanud M. Torokoff Santos Correia (2010) ja Ferreira et al (2012) eeskujul.

Lisaks eelpooltoodule võib käesoleva artikli autorite arvates lisada joonisel 1 toodule veel organiseerimis-, motiveerimis- ja kontrollioskuse, loova mõtlemise, eetilise käitumise, probleemide analüüsi- ja lahendamisoskuse. Oskuste õpetamisel ja kujundamisel on oluline õpetada õppijaid koostegevuse kaudu probleeme analüüsima, pakkuma neile erinevaid lahendusi ning väitlema, otsustama, kriitiliselt mõtlema ja õigeid küsimusi esitama. Eesti Lennuakadeemia õppeprotsessis kasutatakse paljudes ainetes rühmatööd, kus tudengid saavad iseseisvalt ja loovalt lahendada nende ette püstitatud ülesandeid. Samuti kaasatakse palju külalislektoreid, kes on praktikud ja töötavad vahetult ettevõtetes, kuhu tudengid siirduvad nii praktikale kui kooli lõpetades tööle. Sellisel viisil saab kõige paremini tagatud teooria ja praktika sidustamine ning õppeprotsessi kaasaegsus.

Tehnoloogiate kiire areng 21. sajandil teeb ettevõtetele keeruliseks olla pikka aega edukas. Samas seab see ka uued väljakutsed ettevõtlusõppele. Õppeasutused, kes teadvustavad endile, mida ja kuidas tuleb õpilastele täna õpetada, et nad tuleviku töömaailmas edukalt hakkama saaksid, jäävad püsima. Juurde

tekivad uued ametid, milledest kümme aastat tagasi ei osatud veel unistadagi ja samas paljud varem vajalikud ametikohad kaovad.

Kasutatud allikad:

- 1) Kiili J. jt „Ettevõtlusõpe kõrgkoolis“ Tallinn 2013
 - 2) http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/eurobarometer/index_en.htm
 - 3) https://www.mkm.ee/sites/default/files/t_grupi_raport_innovatsioonip_oliitika_komisjonile.pdf
-

EESTI LENNUAKADEEMIASSE 2013. – 2015. A VASTUVÕETUD ÜLIÕPILASTE PROFIILI MUUTUSED SISSEASTUMISE INFOSÜSTEEMI (SAIS) ANDMETE PÕHJAL

JAAANUS JAKIMENKO (MBA), ELA rektor
SIGNE VANKER (MA), ELA õppeosakonna juhataja
LII NUUT (MSc), ELA multimeedia spetsialist

Märksõnad: sisseastumise infosüsteem SAIS, üliõpilaskandidaatide profiil

Sissejuhatus

Käesolevas uurimuses antakse statistiline ülevaade Eesti Lennuakadeemia (edaspidi ELA) 2013. – 2015. a vastuvõtust sisseastumise infosüsteemi (SAIS) andmete põhjal. SAIS on e-teenus, mis võimaldab õppeasutustel läbi viia vastuvõtuprotsessi alates avalduste vastuvõtust kuni vastuvõtuotsuste tegemiseni. SAIS on seotud riiklike andmekogudega (Eesti hariduse infosüsteem, eksamite infosüsteem jm) ja võimaldab kandidaatidel esitada andmeid haridustee ning õppetulemuste kohta (riigieksamid, lõputunnistuse hinded) elektroonselt.

Alljärgnevalt antakse ülevaade kandidaatide taustast ja kandideerimisvalikutest ning kõrgkoolide vastuvõtunäitajatest, tuginedes SAISi 2013., 2014. ja 2015. a andmetele

1. Vastuvõtutingimustest ja vastuvõtukonkursist

Õppekohti planeeritakse vastavuses ühiskondliku vajaduse, riikliku tegevustoetuse mahu ning ELA võimaluste ja eesmärkidega.

Vastuvõtuprotsessi aluseks on akadeemia nõukogu poolt kinnitatud vastuvõtueeskiri, kus fikseeritakse vastuvõtunõuded ja dokumentide esitamise kord. Sisseastumisavalduste esitamine toimub sisseastumise infosüsteemi SAIS vahendusel. Sobivad kandidaadid selgitab välja konkurss, lähtudes riigieksamite tulemustest ja konkursi erinevatel etappidel saadud konkursipunktide arvust paremusjärjestuse alusel. Lennuliiklusteeninduse ja õhusõiduki juhtimise erialadele kandideerijad läbivad kutsesobivustestid.

Kõigil erialadel viiakse läbi sisseastumiseksam, mille vestlusel hinnatakse orienteerumist õpinguid ja lennundust puudutavates küsimustes ning moivat-siooni.

Aastatel 2013 – 2015 toimus vastuvõtt viiele õppekavale.

Vastuvõtukonkursi keskmine on Eesti Lennuakadeemias igal aastal tõusnud, olles 2015. a 7,6 kandidaati ühele õppekohale (Tabel 1 ja Joonis 1).

Tabel 1. Vastuvõtukonkursid 2013. – 2015. aastal

	2013		2014		2015	
	Konkurss	Kohti	Konkurss	Kohti	Konkurss	Kohti
ATS	10,88	8	14,17	6	17,8	6
CNS	4,36	14	4,25	12	4,7	12
AM	6,83	6	4,7	10	5,5	11
TECH	3,53	17	3,65	17	4,8	16
PIL	16,4	10	12,6	10	11,7	10
Keskmine/Kokku	7,51	55	6,75	55	7,6	55

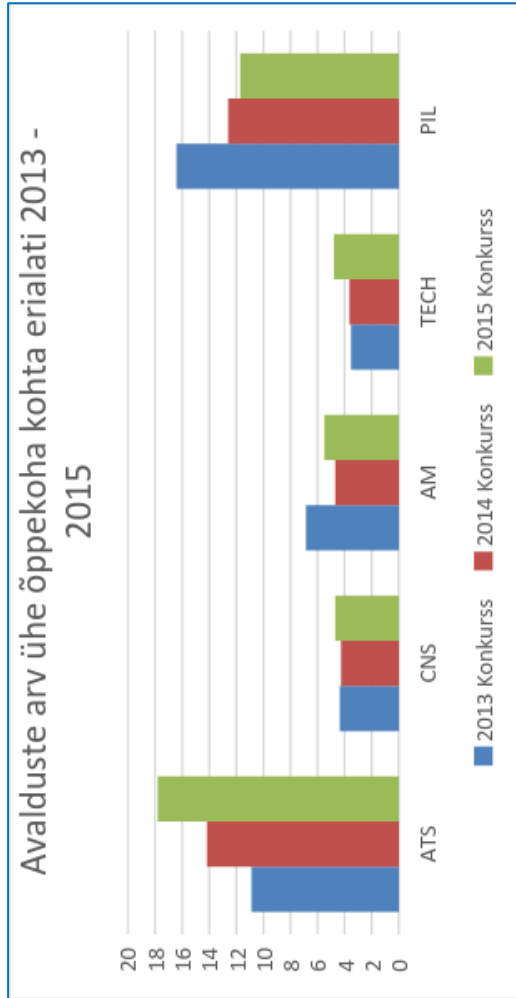
AM – lennundusettevõtte käitamine

ATS – lennuliiklusteenindus

CNS – lennunduse side- ja navigatsioonisüsteemide käitamine

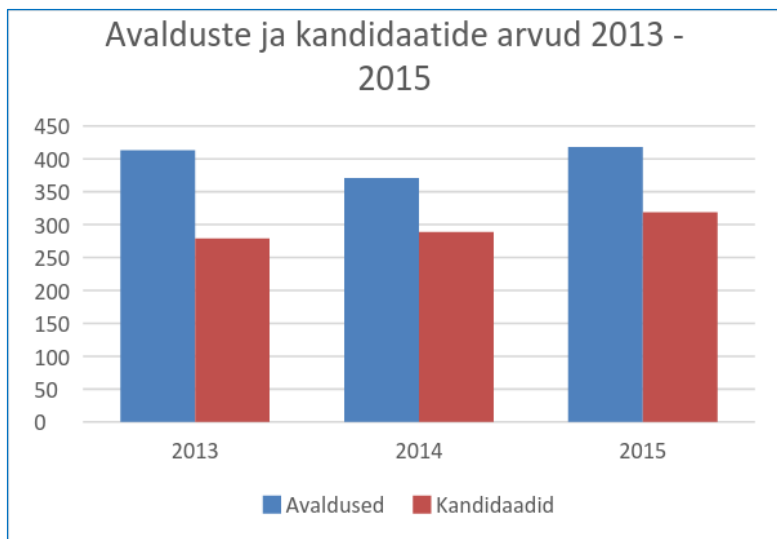
PIL – õhusõiduki juhtimine

TECH – õhusõiduki ehitus ja hooldus



Joonis 1. Vastuvõtukonkursid 2013. – 2015. aastal

Kandidaat võib esitada kaks avaldust (Joonis 2). Avaldusel märgitakse eelistused (näiteks 1. eelistus õhusõiduki juhtimine, 2. eelistus õhusõiduki hooldus).



Joonis 2. Üliõpilaskandidaatide ja esitatud avalduste arvud

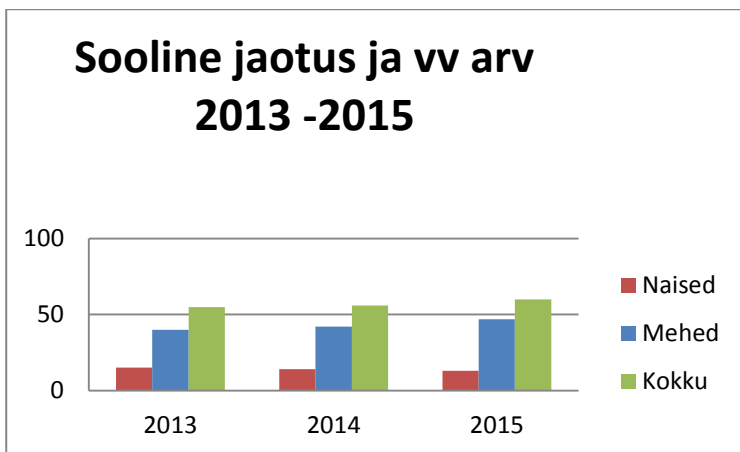
Vastuvõtukonkursid on kõrged lennuliiklusteeninduse ja õhusõiduki juhtimise erialale, vaatamata gümnaasiumilõpetajate arvu vähenemisele. Viimasel kahel aastal on konkurss olnud kõige kõrgem lennuliiklusteeninduse erialal. Antud eriala konkurss võib olla pisut kõrgem ka seetõttu, et sellel erialal ei ole reaalne riigieksami nõuet.

2015. aastal on kõigil lennuliiklusteeninduse ja lennunduse side- ja navigatsioonisüsteemide käitamise õppekavadele vastuvõetutel antud eriala esimene eelistus, mis näitab erialast motiveeritust.

2. Sooline jaotus ja vastuvõtu arv

Kolme viimase aasta jooksul on vastuvõtuarv kasvanud, kuid vähenenud on naissoost üliõpilaste arv (Joonis 3).

2015. aastal olid kõik õhusõiduki juhtimise ning õhusõiduki ehituse ja hoolduse õppekavale vastu võetud õliõpilased meessoost.

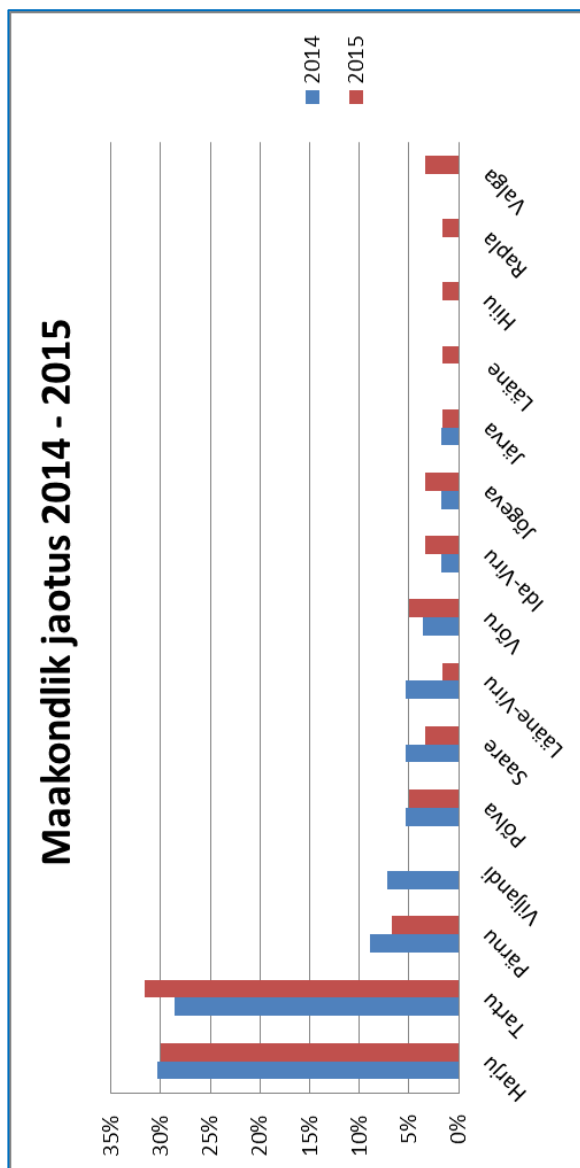


Joonis 3. Vastuvõetud üliõpilaste sooline jaotuvus perioodil 2013 – 2015

3. Vastuvõetute maakondlik päritolu

Eesti Lennuakadeemiasse vastuvõetute maakondlikku päritolu on analüüsitud kahe viimase aasta andmete põhjal, kuna 2013. aastal vastavaid andmeid ei salvestatud.

Nii 2014. kui ka 2015. a vastu võetud esmaskursuslastest on ~60% pärit Harju või Tartu maakonnast. 2015. a olid esindatud kõik maakonnad, välja arvatud Viljandi. Vähe on õppima asujaid Hiiu-, Rapla ja Harjumaalt (Joonis 4).



Joonis 4. Maakondlik päritolu 2014 – 2015

4. Populaarsemad gümnaasiumid

Eesti Lennuakadeemiasse vastu võetud üliõpilased on pärit väga paljudest koolidest üle Eesti. Statistikas on püütud välja tuua sagedamini esinevad koolid, kust õppima tullakse. Igal aastal on lennuakadeemiasse õppima asunud tugevate reaalkoolide – Tartu Hugo Treffneri Gümnaasium, Nõo Reaalgümnaasium, Tallinna Reaalkool – lõpetanud. Nende koolide lõpetanutel on enamasti kõrge reaallaine eksami tulemus ja nad soovivad õpinguid alustada õhusõiduki juhtimise õppekaval.

5. Reaallaine riigieksami tulemused

Eesti Lennuakadeemia kõigile õppekavadele kandideerijad, v.a lennuliiklusteeninduse eriala, peavad olema sooritanud reaallaine riigieksami. Reaallaine riigieksami all peetakse silmas laia matemaatika riigieksamit või enne 2014. a sooritatud matemaatika või füüsika riigieksamit.

Lennuliiklusteeninduse erialal ei olnud reaallaine eksami sooritamine nõutud, kuid 2014. A oli see kõigil vastuvõetutel sooritatud. Kõige kõrgemad reaallaine eksami tulemused olid õhusõiduki juhtimise erialale vastuvõetutel (Tabel 2).

Tabel 2. Reaallaine riigieksami tulemused ELA-sse vastuvõetutel aastatel 2013 – 2015

	2013			2014			2015		
	min	keskmine	max	min	keskmine	max	min	keskmine	max
AM	38	61	87	20	59	97	17	52	90
ATS	55	73	91	54	81	98	41	72	88
CNS	25	67	99	19	57	97	25	43	83
PIL	67	83	97	68	80	95	65	80	98
TECH	29	56	92	21	59	77	38	57	80

6. Võõrkeel

Alates 2014. aastast peavad Eesti Lennuakadeemiasse sisseastujad olema sooritanud võõrkeele riigieksami vähemalt tasemele B1. Enne 2014. a hinnati võõrkeele riigieksamit 100-punkti süsteemis. Õhusõiduki juhtimise ja lennuliiklusteeninduse õppekavadel on miinimumnõudeks võõrkeele riigieksam (inglise/saksa/prantsuse) B2 tasemel (või enne 2014. a vähemalt 75 punktile sooritatud riigieksam). Arvestatakse ka rahvusvaheliste keeleeksamite tulemusi.

Kuigi kolmel õppekaval on nõutud piirtasemeks võõrkeele osas B1, on antud keeletasemega vastuvõetud üliõpilasi vähe, enamikul vastuvõetutel on saavutatud tase B2 ja üksikutel üliõpilastel C1 või C2.

Erialadel, kus nõutud tase oli B1, said kõrgema taseme saavutanud kandidaadid lisapunkte. Võõrkeeke eksami tulemused aastatel 2013 – 2015 on toodud tabelites 3, 4 ja 5.

Tabel 3. Võõrkeeke eksami tulemused 2013.a vastuvõetutel

	Min	Keskmine	Max
AM	42	73	87
ATS	62	78	90
CNS	60	80	95
PIL	80	88	92
TECH	32	72	90

Tabel 4. Võõrkeeke eksami tulemused 2014.a vastuvõetutel

	B1	B2	C1	C2
AM	3	5	1	1
ATS		6		
CNS	4	8		
PIL		9	1	
TECH	7	11		

Tabel 5. Võõrkeele eksami tulemused 2015.a vastuvõetutel

	B1	B2	C1
AM	4	10	
ATS		7	1
CNS	1	8	1
PIL		10	
TECH	2	15	1

KOKKUVÕTE

Eesti Lennuakadeemia on pakkunud juba rohkem kui 20 aastat heal tasemel lennundusharidust. Lennuakadeemia jaoks on oluline, et õppima asuksid motiveeritud kandidaadid, seetõttu toimub üliõpilaskandidaatide eelnev erialateadlikkuse tõstmine haridusmessidel, koolikülastustel, õppeekskursioonidel ja infopäevadel.

Vastuvõtukonkursid on aastate vältel kasvanud, samuti on paranenud üliõpilaskandidaatide motiveeritus. Üha enam kandidaate alustab õpinguid oma esimese valiku erialal. Aastate lõikes on aga vähenenud naissoost üliõpilaste osakaal vastuvõetute hulgas.

Reaalaine riigieksami tulemus keskmisena on aastate lõikes langenud, võõrkeele tase on aga tõusnud.

Suurenenud on kõrgharidusega sisseastujate arv. See näitab, et avalik-õiguslikes ülikoolides bakalaureuse- ja magistrikraadi omandanud noored on huvitatud rakenduslikust kõrgharidusest, eeldades, et see tagab paremad väljavaated tööjõuturul.

Käesolev ülevaade ja sellest tulenevad järeldused on toeks lennuakadeemia eelolevate vastuvõtukampaaniate planeerimisel ning vastuvõtutingimuste ja -protsessi edasiarendamisel.

ARENGUD OHUTUSJUHTIMISES

JAANIKA MÖLTER (MBA)

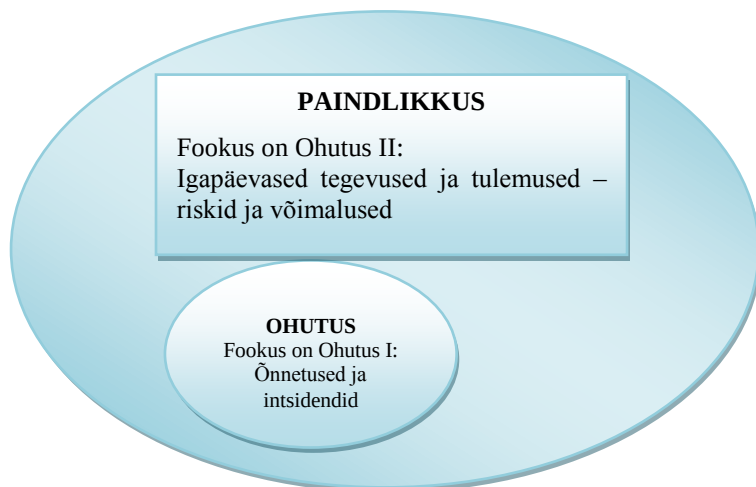
ELA kvaliteedijuht

Märksõnad: ohutuse mõiste (*safety I, safety II*), ohutusvaatlus (*safety survey*), õigluskultuur (*just culture*), paindlikkus (*resilience*)

Lennunduses omab ohutus tähtsat kohta. Kiired muudatused ühiskonnas on toomas kaasa muudatusi lennunduses, mis nõuavad uusi meetodeid ja lahendusi, sest seni toimunud enam ei tööta. Võtmeteemaks on muudatuste juhtimine, et me teaksime, mis on muutunud.

Ohutusjuhtimine tähendab, et registreerime eksimused, analüüsime nende põhjuseid ja püüame edaspidi eksimusi vältida. Keskendume eksimustele. Tähelepanu alt jääb kõrvale see, mis on hästi ja millised tegevused/kaitse on aidanud ära hoida intsidente.

Põhimõtteline küsimus on ohutuse mõistes. Ohutuse (Safety I) mõiste on seni tähendanud õnnetuste puudumist, aga kuidas saame uurida millegi puudumist. Ohutuse mõiste uus suund (Safety II) pöörab tähelepanu põhitegevustele ning sellele, et välja selgitada, mis on need toimivad kaitse. Meie inimestena soovime alati anda endast parima. Kuid teinekord asjaolude kokkulangemisel ei lähe asjad nii, nagu me soovisime ning oleme ka ise õnnetud, et nii juhtus.



Joonis 1. Ohutus I ja Ohutus II omavaheline suhestumine (2, lk 148)

Ohutus II (*Safety II*) on olukord, kus edukate tulemuste arv on nii kõrge kui võimalik. See on võime õnnestuda erinevates tingimustes. Ohutus II saavutatakse läbi selle, et püüame tagada, et asjad lähevad õigesti, mitte tegeleda valesti minemise ennetamisega. (2, lk 183)

Euroopa komisjon on oma määrustega kehtestanud nõuded ohutusjuhtimissüsteemile ning selle rakendamisele lennunduse eri valdkondades, et tagada lennundusohutus. Nõuded näevad ette organisatsioonidele ohutusjuhtimissüsteemide loomist, kus määratletakse vastutused, pannakse kirja põhimõtted ja protseduurid ning määratletakse ohud ja juhitakse riske. Selleks et ohutusjuhtimissüsteem toimiks, on vaja, et me tahame ja julgeme teada anda probleemidest ja eksimustest. Organisatsioon saab luua toetava ja julgustava keskkonna, kus eksimine on inimlik. Eksimuseks ei saa me loomulikult pidada tahtlikku või teadlikku rikkumist. Eksimuse korral on peamine, et me olukorra lahendamiseks otsime esmajärjekorras probleemi põhjuseid, mitte süüdlast. Organisatsiooni õigluskultuur (*just culture*) toetab töötajate avatud ja positiivset töösse suhtumist.

Oluline on analüüsida eksimusi ja neist õppida. Iga situatsioon on tihtipeale uus ja valmis lahendusi ei pruugi olla ning me peame appi võtma oma terve mõistuse ning oma teadmised ja kogemused. Saame teha parima otsuse või valiku sellel hetkel olemasoleva info põhjal. Enamasti lähevad asjad nii nagu peab. Tihtipeale valmis lahendused ei sobi või ei pruugi töötada teisel korral, sest inimesed ja tegurid, mis mõjutavad on teised.

Uue meetodina on rakendumas ohutusvaatlus (*Safety survey*). Vaatlus ei ole audit, kontrollimine ega hindamine. See on ennetav ja positiivne ning uurib, mis on hästi. Eesmärk on leida parimad praktikad. Meetod näeb ette, et töö tegemist lihtsalt vaadeldakse ja küsitakse olukorrast arusaamiseks selgitavaid küsimusi töötajalt selle kohta, mida ta teeb tavapäraselt ja mis on hästi toiminud olukordade lahendamisel. Selgitatakse välja, mida teeb töötaja, et töö saaks hästi tehtud.

Vaatluse liike on kolm: a) rutinne (kinnitab, et ohutusjuhtimissüsteem on efektiivne ja kontrollib, kas protsessid toimivad), b) eesmärgistatud (konkreetsed teemad, kinnitus, et ohutus on tagatud määratletud valdkonnas, uurib süvitsi spetsiifilist ohutusega seotud tegevust läbi organisatsiooni, näiteks koolitused), ja c) täielikult integreeritud (jätkuv hindamine ja parendamine).

Ohutushindamine (*Safety assessment*) on meetod, millega kontrollitakse kas tegevus on ka ohutu.

Ohutusjuhtimises on toimumas mõtteviisi muutus. Jätkuvalt on vaja analüüsida olukorda kui midagi on juhtunud, kuid rõhuasetus ja tähelepanud viiakse sellele, mis on need tugevad küljed, et midagi veel suuremate tagajärgedega ei juhtunud. Ohutus on turvalisus, et kõik toimib sujuvalt.

	Ohutus I	Ohutus II
Ohutuse mõiste	Võimalikult vähe asju läheb valesti.	Võimalikult palju asju läheb hästi.
Ohutuse juhtimise põhimõte	Järelreageeriv; tegutsetakse, kui midagi läheb valesti või kui see ei ole aktsepteeritav risk.	Ennetav; järjepidevalt püütakse prognoosida arenguid ja sündmusi.
Õnnetuste selgitus	Õnnetused on põhjustatud eksimustest ja rikestest. Uurimise eesmärk on leida põhjus ja soodustavad tegurid.	Asjad juhtuvad peamiselt samamoodi sõltumata tulemusest. Uurimise eesmärk on mõista, kuidas asjad tavaliselt lähevad hästi, et siis sellele tuginedes selgitada välja, kuidas vahel harva lähevad asjad valesti.
Suhtumine inimtegurisse	Inimest nähakse peamiselt kui vastutust või ohtu.	Inimesed on kui ressurss, mis on vajalik, et tagada süsteemi paindlikkus.
Tegevuste erinevuse mõju	Kahjulik; vajalik ennetada nii palju kui võimalik.	Paratamatu, aga ka kasulik. Vajalik jälgida ja juhtida.

Tabel 1. Ohutus I ja Ohutus II mõtteviisi võrdlus (2, lk 147)

Lennundusohutuse tagamisel on suur roll inimesel, meie teadlikkusel, kogemustel, oskusel mõelda ja analüüsida ning teha otsuseid. Tänapäeval saavad organisatsioonid palju ära teha panustades oma töötajatesse ja väärtustades neid. Ohutusjuhtimissüsteemi ülesandeks on olla toeks ja abiks töötajale, et teha oma tööd paremini. Lennunduses on abivahenditena käsiraamatud, protseduurid ja kontroll-lehed, mis aitavad pilootidel, lennu-juhtidel ja õhusõiduki hooldajatel meeles pidada ja kontrollida, kas kõik, mis vaja, sai tehtud või miski siiski ununes. Organisatsioonide töö on luua juhtimissüsteem ja õiglane organisatsioonikultuur, milles töötajatena saame ennast teostada ja koos rohkem ära teha.

Viited:

“The changing landscape of ATM Safety”. Entry Point North seminar 2015 ettekanded. 26. – 27.05.2015 Malmö.

E. Hollnagel. Safety I and Safety II. The Past and Future of Safety Management. Ashgate, 2014.
