Eesti Lennuakadeemia

Õhusõiduki juhtimise õppekava

Susanna Kukke

EESTI KOPTERI ERAPILOOTIDE OSKUSED JA TEADMISED VISUAALLENNUREEGLITEST JA INSTRUMENTAALLENNU TINGIMUSTESSE SATTUMISEST

Lõputöö

Juhendaja: Jaan Annus

Konsultant: Nele Põldver

Tartumaa 2025

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud käesoleva töö iseseisvalt. Kõik käesoleva töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on korrektselt viidatud.

/allkirjastatud digitaalselt/

Autor: Susanna Kukke

Juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Kinnitan, et töö vastab Eesti Lennuakadeemias kehtivatele lõputöödele esitatud nõuetele.

/allkirjastatud digitaalselt/

Juhendaja: Jaan Annus

SUMMARY

Skills and Knowledge of Estonian Private Helicopter Pilots Regarding Visual Flight Rules and Inadvertent Flight into Instrument Meteorological Conditions

The purpose of this thesis is to examine the extent to which Estonian private helicopter pilots deviate from visual flight rules in marginal weather, how they recover from inadvertent flight into instrument meteorological conditions and how their self-assessment of their knowledge compares to their actual theoretical knowledge. The study is motivated by the fact that unintentional flight into instrument meteorological conditions is one of the leading causes of fatal accidents in general aviation, and there is currently no systematic overview of how well Estonian private helicopter pilots are prepared to handle such situations.

This thesis consists of three chapters. Chapter 1 provides a theoretical overview of regulations regarding visual flight rules, the phenomenon of inadvertent flight into instrument meteorological conditions, spatial disorientation, and the current training requirements for private helicopter pilots regarding the hazards related to instrument meteorological conditions. Chapter 2 explains the methodology used in the study, including participant selection, the structure of the simulator experiment, the design of the online questionnaire, and the process of data analysis. Chapter 3 presents the key findings of the study, followed by an in-depth discussion, conclusions, identified limitations, and suggestions for future applications.

The results showed that all pilots deviated from visual flight rules in marginal weather conditions with an average of 4.44 rule violations per pilot. The most common issues were flying below minimum altitudes and exceeding recommended speeds. In the recovery from instrument meteorological conditions scenarios, the most frequently used maneuver was a 180-degree turn, followed by descent, while 11% of attempts ended in loss of control of the aircraft. While pilots rated their knowledge as high, many gave incorrect answers to theoretical questions, especially regarding minimum altitudes and cloud separation.

The results highlight a need to improve both theoretical and practical training related to visual flight rules and recovery from instrument meteorological conditions. The methodology could be adapted for other aircraft types and pilot groups to enable comparative research

The author wishes to thank her supervisor Jaan Annus, consultant Nele Põldver, and all private helicopter pilots who participated in the study.

SISUKORD

Kasutatud lühendid 6

Sissejuhatus 7

1 Teoreetiline ülevaade 8

1.1 Visuaallennureeglid 8

1.1.1 Eri-VFR 8

1.2 Tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumine 9

1.2.1 Kopteri enda poolt tekitatud instrumentaallennu tingimused 11

1.3 Ruumitaju kadumine 12

1.3.1 Lineaarse kiirenduse illusioonid 12

1.3.2 Illusioonid keha liikumisest ruumis 13

1.4 Erapiloodi koolituses nõutav õpe instrumentaallennu tingimustesse sattumise kohta 14

1.5 Tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumise tõttu toimunud õnnetused 15

2 Metoodika 16

2.1 Valim 16

2.2 Eksperiment 17

2.2.1 Esimene osa 17

2.2.2 Teine osa 18

2.3 Küsimustik 20

2.4 Uuringu protseduur 21

2.5 Andmeanalüüs 22

3 Tulemused 23

3.1 Visuaallennureeglite järgimine 23

3.2 Instrumentaallennu tingimustest väljumise manöövrid 25

3.3 Osalejate hinnangud oma teadmistele 27

3.4 Arutelu ja järeldused 29

3.5 Piirangud ja edaspidised rakendused 31

Kokkuvõte.....32

Kasutatud kirjandus.....33

Lisad.....37

KASUTATUD LÜHENDID

AGL	*Above Ground Level*, maapinna kohal
AMC	*Acceptable Means of Compliance*, nõuete täitmise aktsepteeritud meetodid
AMSL	*Above Mean Sea Level*, keskmise merepinna kohal
AS	Aktsiaselts
ATIS	*Automatic Terminal Information Service*, lennuvälja automaatinfoteenindus
EASA	*European Union Aviation Safety Agency*, Euroopa Liidu Lennundusohutusamet
FFS	*Full Flight Simulator*, lennu täisimitaator
FNPT	*Flight and Navigation Procedures Trainer*, lennutreeningseade
ICAO	*International Civil Aviation Organization*, Rahvusvaheline Tsiviillennunduse Organisatsioon
IIMC	*Inadvertent flight into Instrument Meteorological Conditions*, tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumine
IMC	*Instrument Meteorological Conditions*, instrumentaallennu tingimused
NOTAM	*Notice to Airmen*, nõustav teade lennunduspersonalile
OÜ	Osaühing
PPL	*Private Pilots License*, erapiloodi luba
PPL(A)	*Private Pilots License for Aeroplanes*, lennuki erapiloodi luba
PPL(H)	*Private Pilots License for Helicopters*, kopteri erapiloodi luba
SD	*Spatial Disorientation*, ruumitaju kadumine
SGI	*Somatogravic Illusions*, lineaarse kiirenduse illusioonid
SN	*Safety Notice*, ohutusteade
VFR	*Visual Flight Rules*, visuaallennureeglid
VMC	*Visual Meteorological Conditions*, visuaallennu tingimused

SISSEJUHATUS

Kuigi tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumine on üldlennunduses üks peamisi surmaga lõppevate õnnetuste põhjuseid (Aircraft Owners and Pilots Association, n.d), puudub Eestis süsteemne ülevaade erapilootide teadmistest ja praktilistest oskustest selliste olukordade ära tundmisel ja lahendamisel. Eestis toimunud kahest hukkunutega kopteri õnnetusest on üks otseselt tingitud tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumisest (Ohutusjuurdluse Keskus, 2006). Samas ei nõua kehtiv kopteri erapiloodi koolitusprogramm kohustuslikus korras kindlat instrumentaallennu tundide arvu, mistõttu võib praktilise väljaõppe maht ja tase olla lennukoolide lõikes ebaühtlane (AMC & GM to Part-FCL, 2020).

Töö eesmärk on välja selgitada, millisel määral kalduvad kopteri erapiloodid visuaallennureeglitest kõrvale miinimumilähedaste ilmastikutingimuste korral, millised on peamised manöövrid visuaallennu tingimustesse naasmiseks peale tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumist, kuidas piloodid hindavad oma teadmisi antud teemadest ning millisel määral vastavad need hinnangud pilootide tegelikele teadmistele.

Eesmärgi saavutamiseks esitati kolm uurimisküsimust:

1. Millisel määral kalduvad piloodid visuaallennureeglitest kõrvale miinimumilähedaste ilmastikutingimuste korral?
2. Millised on enim kasutatud manöövrid visuaallennu tingimustesse naasmiseks peale tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumist?
3. Millised on pilootide hinnangud oma teadmistele visuaallennureeglitest, tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumisest ja sellega kaasnevatest ohtudest ning millisel määral vastavad need pilootide tegelikele teooriateadmistele?

Uurimisküsimustele vastamiseks viidi läbi eksperiment Eesti kopteri erapilootide seas, kasutades Eesti Lennuakadeemia lennutreeningseadet, ning täiendavalt koguti andmeid veebipõhise küsimustiku kaudu.

Töö on jaotatud kolmeks osaks: teoreetiline ülevaade, metoodika ja tulemused. Esimeses peatükis esitatakse põhjalik ülevaade visuaallennureeglitest, instrumentaallennu tingimustesse sattumisest, erapiloodi väljaõppele kehtestatud nõuetest ning varasematest instrumentaallennu tingimustesse sattumisest tingitud juhtumitest. Teises peatükis käsitletakse rakendatud metoodikat ning andmete kogumise ja analüüsimise protsessi. Kolmandas peatükis keskendutakse empiiriliste tulemuste esitamisele ja tõlgendamisele, mille põhjal tehakse järeldusi ning esitatakse soovitused edasisteks rakendusvõimalusteks.

1 TEOREETILINE ÜLEVAADE

1.1 Visuaallennureeglid

Visuaallennureeglite (inglise keeles *visual flight rules*, edaspidi VFR) kohaselt peab õhusõiduk kogu lennu vältel püsima kindlates ilmastikutingimustes, mis varieeruvad sõltuvalt õhuruumi klassist ja lennukõrgusest. Rahvusvaheliselt on kokku lepitud, et VFR lennu ajal peab nähtavus olema piisav, et piloot suudaks tagada ohutu kauguse maapinnast, takistustest ja teistest õhusõidukitest. Selliseid tingimusi nimetatakse visuaallennu tingimusteks (inglise keeles *visual meteorological conditions*, edaspidi VMC). Ilmastikutingimused, mis ei vasta VMC nõuetele, liigitatakse instrumentaallennu tingimusteks (inglise keeles *instrument meteorological conditions*, edaspidi IMC). (Eurocontrol, 2009; Regulation 923/2012)

Lennates kõrgemal, kui 10 000 jalga keskmise merepinna kohal (inglise keeles *above mean sea level*, edaspidi AMSL) õhuruumi klassides A, B, C, D, E, F ja G peab nähtavus olema vähemalt 8 kilomeetrit. Madalamatel kõrgustel on minimaalne nõutav nähtavus 5 kilomeetrit. Kui pädev asutus on selleks loa andnud, võivad kopterid õhuruumi klassides F ja G madalamal kui 3000 jalga AMSL või 1000 jalga maapinnast (inglise keeles *above ground level*, edaspidi AGL), olenevalt kumb on kõrgemal, lennata ka vähemalt 800 meetrise nähtavusega. Sellisel juhul peab valitud lennukiirus pakkuma piisavalt aega muu liikluse või takistuste märkamiseks ja kokkupõrke vältimiseks. Soovituslikud kiirused madala nähtavusega lennates on järgmised: nähtavusega 2000 meetrit kuni 120 sõlme, 1500 meetrit kuni 100 sõlme ning 800 meetrit kuni 50 sõlme. (AMC & GM to the rules of the air, 2013; Regulation 923/2012)

Kaugus pilvedest peab VFR lennu jooksul olema horisontaalselt vähemalt 1500 meetrit ning vertikaalselt 1000 jalga. Erandiks on õhuruumi klassid F ja G madalamal kui 3000 jalga AMSL või 1000 jalga AGL, olenevalt kumb on kõrgemal. Nendel juhtudel ei ole kindlaks määratud minimaalset kaugust pilvedest, vaid tuleb lennata selgelt allpool pilvi, säilitades visuaalset kontakti maa- või merepinnaga. Tihedalt asustatud alade kohal peab VFR lennul minimaalne kõrgus olema vähemalt 1000 jalga kõrgemal kõigist takistustest, mis jäävad õhusõidukist 600 meetri raadiusesse. Väljaspool tihedalt asustatud alasid kehtib päevasel ajal minimaalse lennukõrguse nõue 500 jalga AGL või 500 jalga kõrgemal õhusõidukist 150 meetri raadiuses olevast kõrgeimast takistusest, sõltuvalt kumb on kõrgemal. (Regulation 923/2012)

1.1.1 Eri-VFR

Rahvusvaheline Tsiviillennunduse Organisatsioon (inglise keeles *International Civil Aviation Organization*, edaspidi ICAO) defineerib eri-VFR lendu kui visuaallennureeglite järgi opereerivat lendu, mis on saanud lennujuhtimisüksuselt loa tegutseda kontrollitud õhuruumis (õhuruumi klassid

B, C, D ja E) olukorras, kus ilmastikutingimused ei vasta VMC nõuetele. Eri-VFR lende on lubatud läbi viia ainult päevasel ajal tingimusel, et lend toimub selgelt allpool pilvi ja säilitatakse visuaalne kontakt maa- või merepinnaga. Minimaalne nähtavus peab olema vähemalt 1500 meetrit või kopterite puhul vähemalt 800 meetrit. Eri-VFR lennu ajal ei tohi õhusõiduki kiirus ületada 140 sõlme, tagamaks piloodile piisavalt aega muu liikluse või takistuste märkamiseks ja kokkupõrke vältimiseks. Lennujuhtimisüksus ei tohi väljastada eri-VFR luba õhusõidukile, mis soovib õhku tõusta, maanduda või ühineda lennuväljaringiga kontrollitud õhuruumis, kui nähtavus on alla 1500 meetri (kopterite puhul alla 800 meetri) või pilve kõrgus alla 600 jala. (Bristol Groundschool, 2023; Regulation 923/2012)

1.2 Tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumine

VFR lend instrumentaallennu tingimustesse või tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumine (inglise keeles *inadvertent flight into instrument meteorological conditions*, edaspidi IIMC) kirjeldab olukorda, kus VFR järgi lendav piloot siseneb IMC-sse hoolimata kavatsusest opereerida VMC-s. VMC võib muutuda IMC-ks järk-järgult või ootamatult ning üldjuhul puudub IMC-st väljumiseks üksainus kindel ja universaalne protseduur. Erinevalt lennukitest opereeritakse koptereid nii üld- kui ka kommertslennunduses sageli madalamate lennumiinimumidega ning üldiselt on kopterilennud oma iseloomult keerukamad kui enamik lennuki lende. Seetõttu on kopteripiloodid eriti haavatavad IIMC olukordadesse sattumise suhtes, mille tagajärjeks on sageli õhusõiduki üle kontrolli kaotamine ja/või kokkupõrge maapinna või takistusega. (Crognale jt, 2011; Federal Aviation Administration, 2022)

IIMC on üldlennunduses üks peamisi surmaga lõppenud õnnetuste põhjustajaid (Civil Aviation Authority, 2024). Enim tsiteeritud uuring seoses IIMC-ga väidab, et VFR pädevusega lennukipiloot kaotab IMC-sse sattudes õhusõiduki üle kontrolli keskmiselt 178 sekundiga (Bryan jt, 1954). United States Helicopter Safety Team (eesti keeles Ameerika Ühendriikide kopteri ohutuse töörühm) tegi 2021. aastal sarnase uurimuse, kus analüüsiti IIMC tõttu toimunud surmaga lõppenud õnnetusi. Tulemused näitasid, et tahtmatult IMC-sse sattumisest kuni kokkupõrkeni maapinna või takistusega kulub kopteripilootidel keskmiselt 56 sekundit (United States Helicopter Safety Team, 2021). IIMC tõttu toimunud õnnetused moodustavad üldlennunduses enam kui poole igal aastal ilmastikust tingitud õnnetustest, millest 72% lõpevad surmaga. Need juhtumid omakorda moodustavad ligikaudu veerandi igal aastal üldlennunduses registreeritavatest surmajuhtumitest (Ison, 2016). United States Helicopter Safety Team andmetel moodustas IIMC perioodil 2009–2018 Ameerika Ühendriikides 15% surmaga lõppenud kopteriõnnetustest, tehes sellest ühe kolmest peamisest õnnetuste põhjustajast (United States Helicopter Safety Team, 2021). National Transportation Safety Board (eesti keeles Ameerika Ühendriikide riiklik transporditurvalisuse amet) andmetel on alates 2020. aastast Ameerika

Ühendriikides registreeritud 13 IIMC-st tingitud kopteriõnnetust, millest 11 lõppesid surmaga (National Transportation Safety Board, 2025).

Kopteritootja Robinson on avaldanud ohutusteate (inglise keeles *Safety Notice*, edaspidi SN) SN-18 „Loss of visibility can be fatal“, milles rõhutatakse, et lendamine halva nähtavusega tingimustes, näiteks udus, lumesajus, pilvedes ja/või pimedas võib olla eluohtlik. Kuna kopterid on oma olemuselt ebastabiilsed ning suudavad kalde- ja pikinurka muuta palju kiiremini kui lennukid, siis võib visuaalsete pidepunktide puudumine viia täieliku ruumitaju kadumiseni ja õhusõiduki üle kontrolli kaotamiseni. Eraldi ohugrupina tuuakse esile erapiloodid, kelle üle teostatakse võrreldes ameti- ja liinipilootidega vähem järelevalvet. See võib soodustada liigset enesekindlust ja ekslikku ilmeksimatuse tunnet. (Robinson Helicopter Company, 1994)

Piloodi sooritus (inglise keeles *performance*) tahtmatult VFR lennu ajal IMC-sse sattumisel sõltub nii õhusõiduki lennuparameetritest, sealhulgas kõrgusest, suunast ja kiirusest, kui ka piloodi endaga seotud teguritest nagu näiteks kogemus, väsimus, välised segajad ja stress (Crognale jt, 2011). Otsus, kas jätkata lendu või pöörduda tagasi sõltub samuti mitmetest teguritest. Walmsley ja Gilbey uuringu kohaselt on piloodi võimekus lennu ajal ilmastikutingimusi hinnata tugevalt seotud lennueelse ilmaprognoosiga. Kui prognoos ennustas head ilma, kaldusid piloodid pilve kõrgust ja nähtavust üle hindama ning vastupidiselt, kui algne prognoos ennustas madalat pilve ja halba nähtavust, peeti tegelikke tingimusi halvemaks, kui need päriselt olid (Walmsley jt, 2017). See kalduvus võib koosmõjus David O’Hare poolt kirjeldatud nähtusega oluliselt mõjutada piloodi otsuseid: mida kauem on lend kestnud ja mida pikem vahemaa läbitud, seda tõenäolisem on, et piloot otsustab jätkata lendu halvenevatesse ilmastikutingimustesse (O'Hare, 2024).

Nagu eelnevalt mainitud, ei ole IMC-st väljumiseks ühte kindlat protseduuri. Küll aga on määratletud peamised tegevused, mille vahel piloot sõltuvalt olukorrast valida saab. Lennunduses üldtuntud põhitõde „Aviate, Navigate, Communicate“ (eesti keeles juhi õhusõidukit, navigeeri, kommunikeeri) kehtib ka IMC-sse sattumisel ehk piloodi prioriteet on õhusõiduki üle kontrolli saavutamine ja selle säilitamine. Seejärel tuleb alustada IMC-st väljumist (inglise keeles *recovery*). Kõige enam soovitatud manööver on 180-kraadine pöörang (edaspidi „tagasi pööramine“), mis võimaldab naasta VMC-sse. Enne pöörde alustamist tuleb määrata hetkekurss ning sellele liita või sellest lahutada 180 kraadi, et leida kurss, kus pöördest välja tulla. Seejärel valitakse pöörangu suund ja alustatakse aeglast ning sujuvat pööramist, hoides kaldenurka alla 20 kraadi. Kogu pöörde vältel peab piloot hoolikalt jälgima näidikuid, et vältida liigset kallakut, tõusu või laskumist. Kui soovitud kurss on saavutatud, tuleb säilitada kannatlikkus, kuna IMC-st väljumine võib võtta aega. Kui peale mõnda aega ei ole õhusõiduk VMC-sse naasnud või kui tagasi pööramine pole piloodi oskuste ja/või seisundi tõttu teostatav, tuleb kaaluda laskumist või tõusmist. Laskumisel tuleb järgida lennueelse ettevalmistuse

käigus määratud minimaalset ohutut kõrgust (inglise keeles *minimum safe altitude*), millest madalamale laskumine suurendab kokkupõrkeohtu maapinna või takistustega. Tõusu korral tuleb arvestada võimalusega, et pilvekiht võib olla paks ning isegi kui suudetakse pilvedest kõrgemale tõusta, peab hiljem olema võimalus VMC-s laskumiseks. Kui õhusõiduk pole varustatud jäätumisvastaste süsteemidega tuleb tähelepanu pöörata ka välistemperatuurile, et vältida jäätumistingimustesse tõusmist. IMC-s lendamisel tuleb meeles pidada, et visuaalsete pidepunktide puudumine võib põhjustada sensoorseid illusioone ja viia olukorrateadlikkuse ning ruumitaju kadumiseni, mistõttu on eriti tähtis, et piloot usaldaks täielikult õhusõiduki näidikuid. (Aircraft Owners and Pilots Association, n.d; Civil Aviation Authority, 2024; Whyte, 2003)

1.2.1 Kopteri enda poolt tekitatud instrumentaallennu tingimused

Whiteout[1] ja *brownout*[1] on olukorrad, kus visuaalne kontakt maapinna või teiste pidepunktidega kaob osaliselt või täielikult kopteri enda poolt tekitatud tingimuste tagajärjel. Oma olemuse tõttu on nii *whiteout*'i kui ka *brownout*'i sattumine liigitatud IIMC alla. (Caroll, 2024; Nordian AS, 2019)

Termin *brownout* viitab nähtusele, kus kopteri pearootori poolt tekitatud õhuvool paiskab üles liiva- ja tolmuosakesed, moodustades kopteri ümber tiheda tolmupilve. Tekkinud tolmupilv piirab oluliselt piloodi vaatevälja ning võib viia täieliku visuaalse kontakti kadumiseni maapinna, horisondi ja teiste pidepunktidega. Visuaalsete orientiiride kadu võib omakorda viia ruumitaju kadumiseni, mis võib lõppeda kopteri üle kontrolli kaotamise, maaga kokkupõrke või dünaamilise rullumisega (inglise keeles *dynamic rollover*). *Brownout*'iga sarnasel põhimõttel tekib *whiteout*, kus lendlevateks osakesteks on lahtine lumi. Tekkinud tolmu- või lumepilve läbimõõt võib ulatuda mitmekordse rootori raadiuse suuruseni (Cao jt, 2021). Kuna *brownout*'i korral on lendlevateks osakesteks kõvad liivaterad, siis võivad tagajärgedeks olla ka rootori labade kulumine, kahjustused rootori komponentidele ja kopteri kerele ning mootori võimsuse vähenemine õhuga sisse tõmmatud liiva- ja tolmuosakeste või õhufiltri blokeerumise tõttu. (Porcù jt, 2020; Schwartz jt, 2018)

Tolmu- või lumepilve suurus, tihedus ja intensiivsus sõltuvad mitmetest teguritest, sealhulgas rootori labade pöörlemiskiirusest, rootori konfiguratsioonist, osakeste massist, tihedusest ja kujust, maapinna tekstuurist, ilmastikutingimustest ning kopteri massist ja maandumis- või õhkutõusu trajektoorist (Porcù jt, 2020). Ghoshi ja kolleegide (2010) läbi viidud uuringust selgus, et ühe pearootoriga kopterite puhul jaotub tolmupilv ühtlaselt igas suunas, samas kui kopterlennukitel (inglise keeles *tiltrotor*) on tolmupilv intensiivsem kere ees ja taga. Seevastu tandemrootoriga kopteritel tekib tolmupilv peamiselt kere külgedele, mis tähendab, et tandemrootoriga kopterite puhul on piloodi nähtavus võrreldes ühe pearootoriga kopterite ja kopterlennukitega üldjuhul parim. (Ghosh jt, 2010)

[1] Eestikeelsete terminite puudumise tõttu kasutatakse inglise keelseid termineid

1.3 Ruumitaju kadumine

Tahtmatult IMC-sse sattumine ning ilma visuaalsete pidepunktideta lendamine võib viia olukorrani, mida nimetatakse ruumitaju kadumiseks. Ruumitaju kadumine (inglise keeles *spatial disorientation*, edaspidi SD) on defineeritud kui suutmatus korrektselt tajuda õhusõiduki või iseenda asukohta, liikumise suunda ja kiirust ning asendit maa horisondi suhtes. (Cheung, 2017)

Tavatingimustes määrab inimene oma asendi ruumis kolme sensoorse sisendi abil: visuaalne, vestibulaarne ja propriotseptiivne. Visuaalne sisend ehk nägemismeel hõlmab teavet, mis liigub läbi nägemisnärvi silma võrkkestal olevatest rakkudest ajju. Vestibulaarne sisend ehk tasakaalumeel pärineb sisekõrva tasakaaluorganist, mis koosneb kolmest poolringkanalist, ümarkotikesest ja mõigust. Poolringkanalid annavad infot pea asendi muutuste ja nurkkiirenduste kohta, samas kui ümarkotike ja mõik tuvastavad vertikaalseid ja horisontaalseid kiirendusi. Propriotseptiivne sisend viitab võimele tunnetada keha asendit ja liigutusi lihastes, kõõlustes ja liigestes asuvate retseptorite abil. Kõigist kolmest sensoorsest allikast saadud teave edastatakse ajju, kus see töödeldakse, võimaldades luua arusaama inimese ja/või õhusõiduki asendist ruumis. (CAE Oxford Aviation Academy, 2015; Newman, 2007; Schmidt jt, 1997)

Ruumitaju kujunemisel ei ole ülaltoodud sensoorsed sisendid võrdse tähtsusega. Nägemismeel on inimesele kõige olulisem, kuna selle kaudu saadav teave moodustab ligikaudu 80% korrektse ruumitaju kujunemiseks vajalikust informatsioonist. Ülejäänud 20% jaguneb tasakaalu- ja propriotseptiivse meele vahel, millest mõlemad on altid väärtõlgendustele ja seetõttu ka illusioonide tekkele. See tähendab, et olukorras, kus visuaalne sisend on puudulik (näiteks udus või pilves lennates), on ajul ruumis orienteerumiseks kasutada vaid 20% vajalikust teabest, mis võib viia ebatäpse asendi tajuni. Eriti ohtlik on olukord, kus piloot ei teadvusta ruumitaju kadumist ning usub ekslikult, et saadud sensoorne teave on korrektne. Peamine viis ruumitaju taastamiseks visuaalsete pidepunktide puudumisel on näidikute jälgimine ja nende usaldamine ka siis, kui näidikutelt saadav teave ei ühti aju poolt töödeldud sensoorse informatsiooniga. (Meeks jt, 2024; Newman, 2007)

1.3.1 Lineaarse kiirenduse illusioonid

Lineaarse kiirenduse illusioonid (inglise keeles *somatogravic illusions*, edaspidi SGI) tekivad lineaarsete kiirenduste mõjul olukordades, kus visuaalseid pidepunkte on vähe või need puuduvad täielikult, näiteks lennates halva nähtavusega, udus või pilves. (Ludlow, 2016)

Pea kallutamist ja lineaarseid kiirendusi tunnetavad sisekõrvas paiknevad ümarkotike ja mõik. Mõlemad sisaldavad endas makulat – želatiinset moodustist, mille alumises osas asuvad närviimpulsse loovad karvarakud ja ülemises osas kaltsiumkarbonaadist kivikesed ehk otoliidid. Otoliidid, oma massi ja makula liikuva olemuse tõttu, muudavad pea asendi muutumisel

karvarakkude asendit. See tähendab, et kui pea on püstises asendis, suruvad otoliidid karvarakke otse allapoole. Pea kallutamisel liiguvad otoliidid kallutuse suunas, mille tulemusena nihkuvad ka karvarakud, edastades vastavad närviimpulsid ajju. Sarnane mehhanism rakendub ka lineaarsete kiirenduste või aeglustuste korral. Karvarakud on võimelised tuvastama kiirendusi alates 0,1 m/s^2. Kiirenduse korral liiguvad otoliidid tahapoole, edastades ajule signaali, mis loob mulje nagu oleks pea kallutatud taha. See omakorda tekitab piloodis tunde nagu oleks õhusõiduki nina ülespoole suunatud ning õhusõiduk alustanud tõusu. Aeglustuse korral liiguvad otoliidid ettepoole, tekitades mulje, nagu oleks pea kallutatud alla ning õhusõiduk läinud laskumisse. Visuaalsete orientiiride olemasolul suudab aju vestibulaarsetest allikatest pärineva valeinfo korrektselt tuvastada ja kompenseerida. Kui aga visuaalne sisend puudub, näiteks lennates instrumentaallennu tingimustes, ei suuda aju õiget valest eristada, mistõttu on IMC tingimustes äärmiselt oluline jälgida ja usaldada näidikuid, eriti aviohorisonti. (CAE Oxford Aviation Academy, 2015; Nordian AS, 2020; Purves jt, 2001)

2016. aastal läbi viidud uuringu tulemused näitasid, et 585 piloodist 71% olid kogenud oma karjääri jooksul ruumitaju kadumist (SD) ning 41% olid kogenud ka lineaarse kiirenduse illusioone (SGI). Vastajatest 14% ei olnud kunagi SGI-st kuulnud, samas kui 24% olid küll teadlikud SGI olemasolust, kuid nende teadmised olid piiratud. Uuring tõi esile ka seose lennutundide arvu ja SGI teadmiste vahel: mida rohkem oli piloodil lennutunde, seda tõenäolisemalt puudusid tal teadmised SGI-st. Seda nähtust selgitab asjaolu, et piloodid, kellel oli üle 20 000 lennutunni, ei pidanud oma lennuõpingute jooksul läbima inimfaktori kursust ega vastavat eksamit. (Ludlow, 2016)

1.3.2 Illusioonid keha liikumisest ruumis

Illusioonid keha liikumisest ruumis (inglise keeles *somatogyral illusions*) tekivad sarnaselt lineaarse kiirenduse illusioonidele visuaalsete pidepunktide puudumisel, kuid tulenevad lineaarsete kiirenduste asemel nurkkiirendustest. Nurkkiirendusi tunnetavad sisekõrvas kolm poolringkanalit, milles olev vedelik ehk endolümf liigub tänu raskusjõule pea liikumisele vastupidises suunas. Vedeliku liikumine mõjutab omakorda kupalt, sültjast lehekesekujulist moodustist, mille sees paiknevad karvarakud loovad närviimpulsse, edastades teavet pea asendi muutuste kohta ajule. (Newman, 2007; Schmidt jt, 1997)

Sisenedes pöörangusse registreerivad poolringkanalid nurkkiirenduse. Kui aga pöörang jätkub konstantsel kiirusel ja kaldenurgal, väheneb tajutav nurkkiirendus järk-järgult nullini, mille tulemusena saadavad poolringkanalid ajule eksitava signaali, et pöörang on lõppenud. Kui õhusõiduk horisontaallendu naaseb, tekitab endolümfi liikumine illusiooni, nagu oleks õhusõiduk sisenenud vastupidise suunaga pöörangusse. Visuaalsete pidepunktide puudumisel võib piloot, tuginedes ainult vestibulaarsele aistingule, valelt tajutud pöörangu korrektuuriks tahtmatult algsesse pöörangusse

tagasi suunduda. Illusioon keha liikumisest ruumis võib avalduda ka väga väikese kaldenurgaga pöörangute puhul. Nimelt kui õhusõiduki kaldenurga muutus on poolringkanalites nurkkiirenduse tajumiseks liiga väike, ei pruugi piloot teadvustada, et õhusõiduk on sisenenud pöörangusse. Kui piloot lõpuks märkab, et õhusõiduk on pöörangus, võib ta selle parandamiseks teha järsu liigutuse horisontaallennule naasmiseks, mille tagajärjel registreeritakse poolringkanalites nurkkiirendus, mida tõlgendatakse pööranguna algsele tahtmatule pöörangule vastupidises suunas. See tähendab, et pärast horisontaallennule naasmist võib piloot ekslikult tajuda, nagu oleks õhusõiduk endiselt kaldes, mis suurendab riski alateadlikult pöörangut korrigeerida ning uuesti algsesse kaldesse naasta. (Bristol Groundschool, 2022; Newman, 2007; Schmidt jt, 1997)

1.4 Erapiloodi koolituses nõutav õpe instrumentaallennu tingimustesse sattumise kohta

Kopteri erapiloodi loa (inglise keeles *private pilot license for helicopters*, edaspidi PPL(H)) saamiseks ei ole Euroopa Liidu Lennundusohutusameti (inglise keeles *European Union Aviation Safety Agency*, edaspidi EASA) nõuete kohaselt vaja läbida kindlat arvu instrumentaallennu tunde. Küll aga on nõuete täitmise aktsepteeritud meetodites (inglise keeles *acceptable means of compliance*, edaspidi AMC) välja toodud, et koolitus peaks sisaldama lendamist tuginedes vaid peamistele näidikutele, 180-kraadise pöörde sooritamist ning ebatavalistest asenditest väljumist, et simuleerida tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumist. Lisaks on soovitatud koolituse käigus kasutada lennusimulaatorit, et demonstreerida piloodiõpilasele vähese nähtavusega tingimustes esinevaid probleeme ja illusioone ning parandada tema arusaamist selliste olukordade vältimise olulisusest. Eksamilennul peab piloot olema võimeline sooritama üksnes näidikutele tuginedes horisontaallennul 180-kraadiseid pööranguid. (AMC & GM to Part-FCL, 2020; Eesti Transpordiamet, 2021)

AMC-s toodud lennupraktika kava sisaldab alginstrumentaalõppe harjutust, mis peaks hõlmama järgmiseid punkte:

1. füsioloogilised aistingud,
2. lend tuginedes vaid näidikutele,
3. näidikute piirangud,
4. põhimanöövrid:
    a. lend otse ja ühel kõrgusel erinevate kiiruste ja konfiguratsioonidega,
    b. tõusmine ja laskumine,
    c. standardpöörded valitud kursile,
5. väljumine laskuvast ja tõusvast pöörangust,
6. väljumine ebatavalistest asenditest. (AMC & GM to Part-FCL, 2020)

Teooriaõppes käsitletakse visuaallennureegleid, IMC-sse sattumist ja sellega kaasnevaid ohte mitmes õppeaines. Lennundusõigusaktide õppeaines tutvustatakse visuaallennureegleid ehk minimaalseid lennukõrguseid ja ilmamiinimume erinevates õhuruumi klassides. Käitamisprotseduuride õppeaines käsitletakse kopteri enda poolt tekitatavaid ohtlike olukordi, mis võivad viia IIMC-ni, näiteks *whiteout* ja *brownout.* Meteoroloogia õppeaines omandatakse teadmised nii erinevatest nähtavust vähendavatest nähtustest, nagu vihm ja udu, kui ka pilvede tekkimisest ja liikumisest. Inimfaktori õppeaines räägitakse visuaalsete pidepunktide puudumisel tekkivatest illusioonidest ja nende tekkemehhanismidest. (AMC & GM to Part-FCL, 2020)

1.5 Tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumise tõttu toimunud õnnetused

Eestis on kopteritega toimunud kaks hukkunutega lennuõnnetust, millest ühe põhjustas tehniline rike ja teise tahtmatult visuaallennu ajal instrumentaallennu tingimustesse sattumine. Nimelt põrkas 11. mail 2004. aastal umbes kell 23:00 maaga kokku eraomandis olev kopter Robinson 44. Kokkupõrke hetkel oli kopter 150-kraadises kallakus ning laskumises kiirusega 1000 jalga minutis. Õnnetuskohale lähimal lennuväljal oli kell 23:00 nähtavus 8200 meetrit, vaatluste vahel 4000 meetrit ning pilve alumine piir asus 350 meetrit AGL. Lõpparuande kohaselt olid lennuõnnetuse peamised põhjused ruumitaju kadumine ja õhusõiduki üle kontrolli kaotamine, lennu- ja ilmatingimuste ebapiisav analüüs ning piloodi hoolimatu suhtumine lennureeglite ja -nõuete täitmisse. (Ohutusjuurdluse Keskus, 2006)

Näiteid tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumise tõttu toimunud õnnetustest leidub ka väljaspool Eestit. 26. jaanuaril 2020. aastal kukkus Californias alla kopter Sikorsky S-76B, mille pardal olnud kõik üheksa inimest hukkusid. Lend toimus visuaallennureeglite järgi, kuid ilmastikutingimused olid piiripealsed vähese nähtavuse ja madala pilve kõrgusega. Vahetult enne õnnetust üritas piloot tõusta pilvedest kõrgemale, kuid sattus IMC-sse sisenedes ruumitaju kadumise tõttu järsku laskumisse ja pöörangusse. Vahetult enne maaga kokkupõrget oli kopteri laskumiskiirus üle 4000 jala minutis ja kiirus maa suhtes 160 sõlme. Lõpparuande kohaselt oli lennuõnnetuse peamine põhjus piloodi otsus jätkata VFR lendu IMC-sse, mis viis ruumitaju kadumise ja kopteri üle kontrolli kaotamiseni. (National Transportation Safety Board, 2020; National Transportation Safety Board, 2021)

2 METOODIKA

Töö eesmärk on välja selgitada, millisel määral kalduvad kopteri erapiloodid visuaallennureeglitest kõrvale miinimumilähedaste ilmastikutingimuste korral, millised on peamised manöövrid visuaallennu tingimustesse naasmiseks peale tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumist, kuidas piloodid oma teadmisi antud teemadest hindavad ning millisel määral vastavad need hinnangud pilootide tegelikele teadmistele. Eesmärgi täitmiseks viidi läbi kaheosaline eksperiment lennutreeningseadmes ja veebipõhine küsimustik. Alternatiivina oleks võinud rakendada vaid veebipõhist küsimustikku, mis võimaldanuks eelduslikult kaasata rohkem osalejaid. Samas oleks selline lähenemine võimaldanud vastajatel kasutada abimaterjale, mis oleks vähendanud tulemuste usaldusväärsust, eriti teoreetiliste teadmiste hindamisel. Teine alternatiiv oleks olnud intervjuud, mis oleksid andnud sügavama ülevaate pilootide teooriateadmistest, kuid sarnaselt küsimustikule ei võimaldaks need hinnata osalejate käitumist tegelikus lennusituatsioonis. Kombineeritud metoodika eksperimendi ja küsimustiku näol võimaldas uurida nii pilootide reaalseid käitumismustreid lennu jooksul kui ka nende teoreetilisi teadmisi ning subjektiivseid hinnanguid oma teadmistele.

Uuringu metoodilise usaldusväärsuse ja valiidsuse suurendamiseks viidi läbi testkatse Eesti Lennuakadeemia õhusõiduki juhtimise eriala kopteripiloodi üliõpilasega. Testkatse eesmärk oli hinnata katse juhendi arusaadavust, katse läbiviimisele kuluvat aega ning küsimustiku selgust. Saadud tagasiside põhjal tehti mõned muudatused: parandati üksikud kirjavead ning täiendati katse juhendit, et tagada katse sujuvam kulg ning osalejate parem ja ühtsem arusaam ülesannetest.

2.1 Valim

Uuringus kasutati mugavusvalimit, mille moodustasid kopteripiloodid, kellele on Eesti Transpordiamet väljastanud erapiloodi loa (inglise keeles *private pilot license*, edaspidi PPL) ja kes olid vabatahtlikult nõus uuringus osalema. Selline valik oli teadlik, lähtudes nii PPL koolitustingimustest kui ka reaalsetest riskinäitajatest üldlennunduses. Piloodid osalesid uuringus autori isikliku kutse alusel.

Eesti Transpordiameti andmetel on 28.03.2025 seisuga Eestis 21 kopteri erapiloodi loaga pilooti (Anne-Ly Käi, Eesti Transpordiameti lennunduslubade vaneminspektor, infopäring, 2025). Kuna Eesti Transpordiamet ei tohi jagada kolmandatele isikutele erapilootide kontaktandmeid, ei olnud võimalik uuringus osalejate leidmiseks kasutada ametlikke kanaleid. Seetõttu koguti osalejate kontaktid mitteametlikul teel isiklike tutvuste ja soovituste kaudu. Selle tulemusena koguti kokku 16 kopteri erapiloodi kontaktid, kellest uuringus osales 9, moodustades Eesti PPL(H) populatsioonist 43%. Uuringus osalenute demograafilised andmed ja lennukogemus on esitatud lisas 1. Kõik uuringus osalenud piloodid olid meessoost, vanuses 40-69 aastat. Enamusel osalejatest oli kõrgharidus, kahel

osalejal oli keskharidus ja kahel kutseharidus. Kõikidel osalejatel oli PPL(H) litsents. Lisaks omas kuus pilooti lennuki erapiloodiluba (inglise keeles *private pilot license for aeroplanes*, edaspidi PPL(A)) ning kahel oli lennuki ametipiloodiluba koos külmutatud liinipiloodilitsentsi ja lennuki instrumentaallennu pädevusega.

Kogemuse kaardistamiseks võeti arvesse nii kopteril kui ka lennukil saadud lennutunnid. Neljal osalejal oli üle 1000 lennutunni, kolmandikul vahemikus 100-1000 tundi ja kahel alla 100 lennutunni. Kolm osalejat polnud viimase kolme kuu jooksul üldse lennanud, viis osalejat olid lennanud 1-100 tundi ja üks osaleja üle 100 tunni. Viiel osalejal oli tüübipädevus ühel kopteril ja neljal osalejal kahel või mitmel kopteril. Kõik osalejad olid piloodikoolituse läbinud Eestis ning kõik olid mingi osa koolitusest läbinud Nordic Aviation Academy OÜ-s. Neli osalejat olid mingi osa koolitusest läbinud AS Pakker Avios ja neli osalejat Piloodikool OÜ-s. Üks osaleja oli koolituse läbinud Nõo Reaalgümnaasiumis.

2.2 Eksperiment

Eksperiment viidi läbi Eesti Lennuakadeemia lennutreeningseadmes "ENTROL FNPT II MCC H11", mis toetub Eurocopter EC135 kabiinile ja süsteemidele. Lennutreeningseadme (inglise keeles *flight and navigation procedures trainer*, edaspidi FNPT) tavaolek imiteerib kahe turbiinmootoriga autopiloodi võimekusega kopterit, kuid kuna enamus eksperimendis osalenud pilootidest lendavad ühe kolbmootoriga kopteriga, otsustati FNPT seadistada võimalikult sarnaseks osalejate tavatingimustega. Selleks lülitati välja või keelati kasutada autopilooti, stabiilsusparandussüsteemi (inglise keeles *stability augmentation system*), lennu juhtimissüsteemi (inglise keeles *flight management system*) ja ilmaradarit.

Eksperiment toimus hämaras konditsioneeriga toas, et minimeerida väliskeskkonna mõju osaleja sooritusele. Eksperimendi käigus filmiti osaleja tegevust Samsung A55 nutitelefoni abil ning lennuparameetrid kuvati reaalajas tahvelarvutil, et analüüsimise käigus võimaldada ajaskaala, tegevuste ja lennuparameetrite kokku viimist (vt lisa 2). Terve eksperimendi vältel olid ruumis vaid katses osaleja ja katse läbiviija. Osalejate anonüümsuse tagamiseks olid katse ajal uste ette paigutatud katted, et varjata osalejate tegevust ja tagada, et katseprotsess oleks nähtav vaid katse läbiviijale ja osalejale.

2.2.1 Esimene osa

Eksperimendi esimene osa andis vastuse esimesele uurimisküsimusele "Millisel määral kalduvad piloodid visuaallennureeglitest kõrvale miinimumilähedaste ilmastikutingimuste korral?". Osalejate tegevuste hindamiseks loodi järgnevad hindamiskriteeriumid, mis põhinevad EASA kehtestatud visuaallennureeglitel ja soovitustel:

- instrumentaallennu tingimustesse sattumine;
- lendamine alla 1000 jala kõrgusel lähimast takistusest tihedalt asustatud alade kohal;
- lendamine alla 500 jala kõrgusel maapinnast mitte tihedalt asustatud alade kohal;
- ära eksimine – olukord, kus osaleja küsib lennujuhilt suunajuhiseid või väljendab suuliselt segadust oma asukoha suhtes;
- soovitusliku lennukiiruse ületamine.

Eksperimendi esimene osa hõlmas visuaallendu Suurupist (ICAO kood EESI) Linnahalli (ICAO kood EECL) (vt lisa 3). Osalejatele anti ülesandeks sooritada lend ohutult ja visuaallennureegleid järgides. Terve lennu vältel pidi osaleja olema kahepoolses raadiosides, et võimalikult täpselt imiteerida Tallinna lähialas ja selle ümbruses lendamist. Raadioside simuleerimisel kasutati raadiosagedusi, mis ka päriselt Tallinnas kasutusel on. Kuna Lennuakadeemia FNPT võimaldab kasutada vaid 25 kHz vahega kanaleid, olid kasutuses sagedused 127,90 MHz (Tallinn radar), 135,90 MHz (Tallinn torn) ja 124,90 MHz (Tallinn ATIS). Kõiki eelnevalt mainitud lennujuhtimisüksuseid kehastas eksperimendi läbiviija ning katse käigus ei olnud marsruudil ega lähialas muud lennuliiklust, mis võimaldas osalejal keskenduda reeglite järgi lendamisele ja keskkonnas orienteerumisele ilma segavate teguriteta.

Juhendis oli eraldi välja toodud, et Tallinna lähialas on lubatud eri-VFR. See võimaldas simuleerida reaalset lennuolukorda, kus ilmastikutingimused võivad olla piiravad, kuid piloot saab legaalselt jätkata lendamist kindlal marsruudil visuaallennureegleid järgides.

Osalejale etteantud ilmainfo on toodud lisas 4. Tegelikud ilmastikutingimused Suurupist väljumise hetkel olid järgmised:

- tuule suund 070°, kiirus seitse sõlme;
- pilvisus: lauspilvisus (inglise keeles *overcast*), pilve kõrgus 600 jalga AMSL;
- horisontaalne nähtavus 2000 meetrit;
- temperatuur 13°C, kastepunkt 13°C;
- QNH 1013 hPa.

Lennu jooksul hakkas nähtavus järk-järgult 500 meetriste sammudena vähenema. Tallinna lähialasse sisenemise ajaks oli nähtavus 800 meetrit ja pilve kõrgus 600 jalga AMSL, mis vastab minimaalsele nähtavusele ja pilve kõrgusele eri-VFR lennul antud marsruudil. Ainuke võimalus lendu reeglite järgi sooritada oleks olnud rannajoont järgides mere kohal lennates (vt lisa 3).

2.2.2 Teine osa

Eksperimendi teine osa andis vastuse teisele uurimisküsimusele “Millised on enim kasutatud manöövrid visuaallennu tingimustesse naasmiseks peale tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse

sattumist?”. Katse koosnes kolmest eraldiseisvast väljumisest erinevatest asukohtadest, peale mida pandi osalejad kunstlikult kindlatel kõrgustel kindla aja möödudes IMC-sse. IMC simuleerimiseks langetati katse läbiviija poolt pilve alumist piiri nii, et see oleks õhusõidukist 150 jalga allpool. See tekitas ootamatu nähtavuse kadumise, mis võimaldas hinnata piloodi reageerimist ja tegevusi.

Ilmastikutingimused VMC-s olid sarnased eelnevale eksperimendi osale, et tagada katse etappide võrdväärsus ja võimaldada osalejatel tegutseda tuttavas keskkonnas, vähendades muutujate mõju käitumisele ja otsustele. Ilmastikutingimused VMC-s olid järgnevad:

- tuule suund 070°, kiirus seitse sõlme;
- pilvisus: lauspilvisus (inglise keeles *overcast*), pilve kõrgus 1000 jalga AMSL;
- horisontaalne nähtavus 2000 meetrit;
- temperatuur 13°C, kastepunkt 13°C;
- QNH 1013 hPa.

Osalejatele anti ülesandeks lennata suunaga 360°, horisontaallennul kiirusega 100 sõlme. Kõrguse juhiseid andis katse läbiviija jooksvalt, vastavalt tabelile 1. Osalejatele antud juhendis oli kirjas, et lennu ajal pannakse nad IMC-sse ning nende ülesanne on saada tagasi visuaallennu tingimustesse. Lisaks oli täpsustatud, et IMC-sse sattudes võib eirata kõiki eelnevalt kirjalikult või suuliselt antud juhiseid, et tagada piloodi otsuste autonoomsus ja vältida väliste tegurite mõju. Eraldi rõhutati, et osaleja lendaks ja teeks kõiki manöövreid nii nagu ta seda päriselt samas olukorras teeks.

Et vältida juhuslikku IMC-st väljumist, korrati igal kõrgusel IMC-sse sattumist kolm korda, tagamaks, et osaleja reaktsioon oleks tõepoolest seotud IMC-sse sisenemisega, mitte juhuslike teguritega. Samuti olid IMC-sse sattumise ajad ja kõrgused määratud juhuslikult, et vältida etteaimamist või piloodi käitumise kohandamist eelnevalt kogutud kogemuste põhjal. Täpne kava, mis kajastab nii õhusõiduki kõrgust kui ka pilve alumist piiri, on esitatud tabelis 1. Pilve ülemine piir oli terve katse jooksul 4000 jalga.

Esimene väljumine toimus eelmise osa sihtkohast ehk Linnahallist. Peale starti 200 jala kõrgusel langetati pilve alumine piir 50 jala AMSL peale ning kontrolliti, kas ja kuidas osaleja visuaallennu tingimustesse naaseb. Tulenevalt eksperimendis kasutatava FNPT tehnilistest piirangutest ei olnud võimalik tekitada kindlate horisontaalsete mõõtudega pilvealasid, vaid ainult kogu taevast läbivat ühtlast pilvekihti. Seetõttu, kui osaleja otsustas tagasi pöörata, tõstis katse läbiviija ise sobival hetkel pilve alumise piiri 1000 jala peale tagasi, simuleerimaks VMC-sse naasmist.

Kui ka järgmine IMC-sse sattumine oli tehtud, tõsteti õhusõiduk Soome lahes olevale laevale, kust väljuti sarnaselt Linnahallile. Viimane väljumine toimus Soome lahte paigutatud naftaplatvormilt,

mille kõrgus oli 130 jalga AMSL. See lisas olukorrale täiendava keerukuse: kui osaleja otsustas 200 jala peal IMC-sse sattudes tagasi pöörata, pidi ta tähelepanu pöörama ka platvormi vältimisele.

Tabel 1. Eksperimendi teise osa kava. Esimene veerg näitab, kust startides või mis aja jooksul peale teises veerus toodud kõrgusele jõudmist pilve piiri kolmandas veerus toodud kõrgusele liigutati.

Alguspunkt või aeg peale kõrguse saavutamist	**Õhusõiduki kõrgus**	**Pilve alumine piir**
EECL	200ft (stardil)	50ft
30 sekundit	500ft	350ft
Laev	200ft (stardil)	50ft
0 sekundit	700ft	550ft
30 sekundit	700ft	550ft
45 sekundit	500ft	350ft
Naftaplatvorm	200ft (stardil)	50ft
60 sekundit	500ft	350ft
0 sekundit	700ft	550ft

2.3 Küsimustik

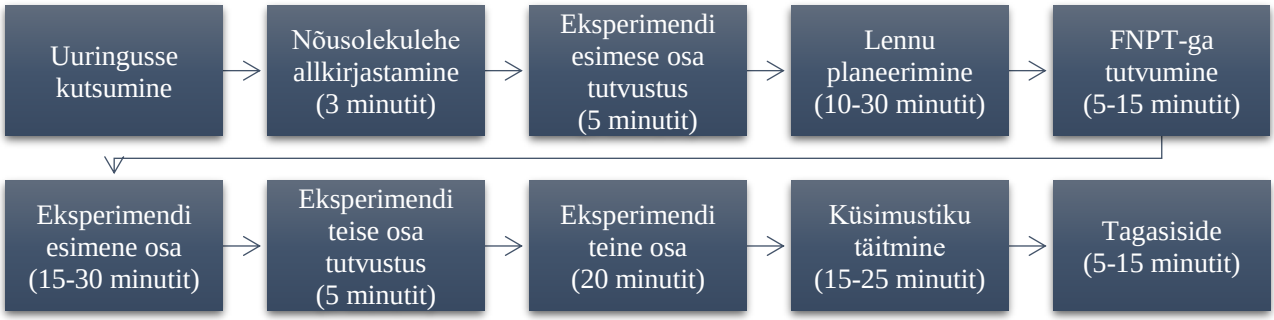
Küsimustik andis vastuse viimasele uurimisküsimusele “Millised on pilootide hinnangud oma teadmistele visuaallennureeglitest, tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumisest ja sellega kaasnevatest ohtudest ning millisel määral vastavad need pilootide tegelikele teooriateadmistele?”. Küsimustik oli veebipõhine, viidi läbi Google Forms (Google LLC, Mountain View, California, USA) keskkonnas ning täideti osalejate poolt kohapeal vahetult peale eksperimendi lõppu. Küsimused töötati välja lõputöö autori, juhendaja ja konsultandi poolt ning nende loomisel tugineti EASA regulatsioonidele ja suunistele. Küsimustik oli anonüümne ning sisaldas kokku 27 küsimust (vt lisa 5). Küsimustik koosnes kaheksast jaotisest, mille vahel sai edasi liikuda alles siis, kui kõikidele eelnevas jaotises olevatele küsimustele oli vastatud. Selline ülesehitus vältis olukorda, kus osaleja unustab küsimusele vastata. Küsimustiku sissejuhatuses paluti vastajal jaotiste vahel mitte tagasi liikuda, et tagada vastuste õigsus ja tulemuste usaldusväärsus.

Küsimused 1-8 keskendusid osaleja taustandmete kogumisele, mille tulemused on toodud valimi kirjelduses peatükis 2.1 ja lisas 1. Küsimused 9-13 olid suunatud osaleja hinnangule oma teadmiste kohta visuaallennureeglite ja IMC-sse sattumise osas, pakkudes otsest sisendit kolmandale uurimisküsimusele. Vastaja pidi hindama oma teadmisi viie-punktilisel Likerti skaalal, kus „1“ tähistas väga halbu ja „5“ väga häid teadmisi. Küsimused 14 ja 16 käsitlesid osaleja hinnanguid lennukoolist saadud teoreetilisele ja praktilisele õppele, samuti viie-punktilisel Likerti skaalal. Küsimused 15 ja 17 andsid vastajale võimaluse oma eelnevat vastust kommenteerida ja täpsustada. Küsimused 18-21 olid avatud vastustega ja võimaldasid hinnata osaleja tegelikke teadmisi visuaallennureeglitest. See võimaldas võrrelda subjektiivseid hinnanguid (küsimused 9-13) osaleja

reaalsete teadmiste tasemega. Küsimused 22-24 keskendusid eelneva kogemuse kaardistamisele. Küsimus 22 uuris, kas osaleja on kunagi rikkunud visuaallennureegleid (jah/ei vastus). Jaatava vastuse korral suunati ta järgmise küsimuse juurde, kus paluti rikkumise olukorda kirjeldada. Eitava vastuse korral liikus vastaja automaatselt edasi küsimuse 24 juurde. Küsimus 24 oli analoogne küsimusele 22, kuid keskendus VFR lennu ajal IMC-sse sattumisele. Jaatava vastuse korral tuli osalejal kirjeldada vastavas olukorras kogetut, eitava vastuse korral suunati osaleja edasi küsimustiku viimasesse jaotisesse. Küsimus 26 oli samuti jah/ei vastusega ning uuris, kas osaleja oleks eksperimendis kasutatud ilmastikutingimustes reaalses elus ka lendama läinud. Viimane küsimus pakkus võimalust esitada vabas vormis kommentaare küsimustiku ja/või eksperimendi kohta, sellele vastamine oli vabatahtlik.

2.4 Uuringu protseduur

Käesoleva uuringu andmete kogumine viidi läbi mitmeetapilise protseduurina, mis hõlmas kaheosalist eksperimenti ja veebipõhist küsimustikku. Täpne ajakava on toodud joonisel 1.



Joonis 1. Uuringu protseduur. Iga ruut tähistab erinevat uuringu osa koos sellele kuluva ajaga.

Enne katsesse tulemist paluti osalejal kaasa võtta vahend (nt tahvelarvuti, mobiiltelefon või sülearvuti), millega ta tavapäraselt lendu ette valmistab. See aitas luua võimalikult realistlikud ja piloodile harjumuspärased tingimused, suurendades ökoloogilist valiidsust, katsetulemuste usaldusväärsust ja olukorra autentsust. Katsele kohale jõudes anti osalejale esmalt allkirjastamiseks nõusolekuleht (vt lisa 6), mis sisaldas lühikirjeldust eksperimendi olemusest, katse seadistusest ja osaleja õigustest. Seejärel anti osalejale eksperimendi esimese osa kirjeldus ning kõik vajalikud lisamaterjalid ja -vahendid (NOTAM-id, Tallinna lähiala visuaalkaart, täitmata operatsiooniline lennuplaan, ringkalkulaator ja mall). Osalejal paluti marsruuti planeerida samas mahus ja samal viisil, nagu ta seda reaalse lennu ettevalmistamisel teeks. Seejärel suunduti FNPT-sse, kus tehti ülevaade kopteri juhistest ja ekraanidest ning lasti osalejal simulaatori eripäradega harjumiseks Tallinna lennuvälja kohal lennata. Kui osaleja tundis end FNPT-s piisavalt mugavalt, alustati eksperimendi esimese osaga (vt peatükk 2.2.1). Juhul, kui osaleja katse käigus maapinnaga kokku põrkas või kriitilisi lennuparameetreid ületas, taastati õhusõiduki asend viimase stabiilse kõrguse peale,

võimaldades katse jätkamist. Kriitilisteks lennuparameetriteks, mille ületamisel FNPT registreeris avarii olukorra (teade "*exceeded flight envelope*", eesti keeles lennuparameetrite limiitide ületamine), olid pikinurgal ±50 kraadi ja kaldenurgal ±80 kraadi (Diego Soler, Entrol tootetehnik, infopäring, 2025).

Peale esimese osa lõppu anti osalejale kirjalik juhend eksperimendi teise osa kohta (vt peatükk 2.2.2). Soovi korral oli osalejal võimalik küsida täpsustavaid küsimusi. Sarnaselt esimesele osale, taastati õhusõiduki asend peale kokkupõrget või kriitiliste lennuparameetrite ületamist viimasele stabiilsele lennukõrgusele. Vahetult peale teise osa lõppu paluti osalejal täita veebipõhine küsimustik (vt peatükk 2.3), mille jaoks anti eraldi sülearvuti. Küsimustiku täitmise järel oli osalejal võimalus saada soovi korral tagasisidet eksperimendi ja oma sooituse kohta.

2.5 Andmeanalüüs

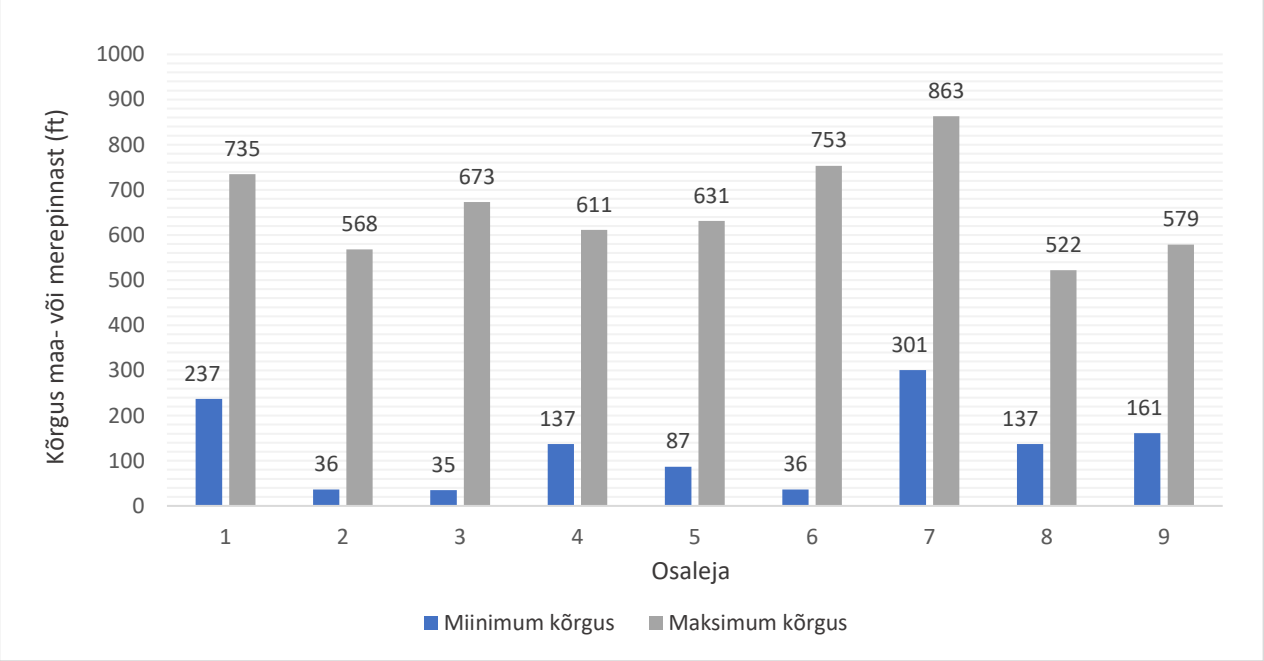
Käesolevas uuringus valiti andmeanalüüsiks kvantitatiivne analüüs, kuna eesmärk oli mõõta konkreetsete käitumismustrite ja manöövrite esinemissagedust ning võrrelda teadmiste taset subjektiivsete hinnangutega. Kvalitatiivne analüüs oleks keskendunud pigem tähenduste tõlgendamisele ja individuaalsete kogemuste süvitsi mõistmisele, mis ei oleks andnud samaväärset mõõdetavat ega üldistatavat väljundit. (Õunapuu, 2014)

Eksperimentaalsed kvantitatiivsed andmed, mis kajastasid osalejate käitumismustreid ja IMC-st väljumise manöövreid, kodeeriti binaarsesse vormi, kus väärtus „1“ tähistas tegevuse toimumist ning „0“ selle puudumist. Andmete kvantitatiivne analüüs hõlmas kirjeldavat statistikat. Kodeerimine viidi läbi nii osalejate kui ka tegevuste kaupa, võimaldades analüüsida nii individuaalseid käitumismustreid kui ka üldisi sagedusi kogu valimi lõikes. Likerti skaala tüüpi küsimuste puhul, kus vastajad andsid subjektiivse hinnangu viie-punktilisel skaalal, kodeeriti vastused arvuliselt ning esitati kokkuvõtlikult protsentide, keskmiste ja standardhälvete kujul. Teoreetilisi teadmisi kontrollivate küsimuste vastused liigitati kolme kategooriasse – „õige“, „vale“ ja „osaliselt õige“. Selline lähenemine võimaldas hinnata teadmiste taset mitte ainult binaarselt, vaid ka osaliselt õigete arusaamade esinemise kaudu. Avatud vastustega küsimuste puhul kasutati standardiseeritud kontentanalüüsi, mille eesmärk oli muuta kvalitatiivsed vastused kvantitatiivseks (Kalmus, 2015). Selleks koondati vastused temaatilisteks kategooriateks eelnevalt määratud kodeerimisreeglite alusel ning tulemused esitati vastuste sageduste kaudu. See võimaldas võrrelda vastajate mõtteviise ning tuua esile peamised arusaamad ja tähelepanekud struktureeritud kujul. Andmete töötlemiseks ja analüüsimiseks kasutati Microsoft Exceli (Microsoft Office, Redmond, Washington, USA) tarkvara, mis hõlbustas tabelandmete struktureeritud haldamist ja tulemuste graafilist visualiseerimist.

3 TULEMUSED

3.1 Visuaallennureeglite järgimine

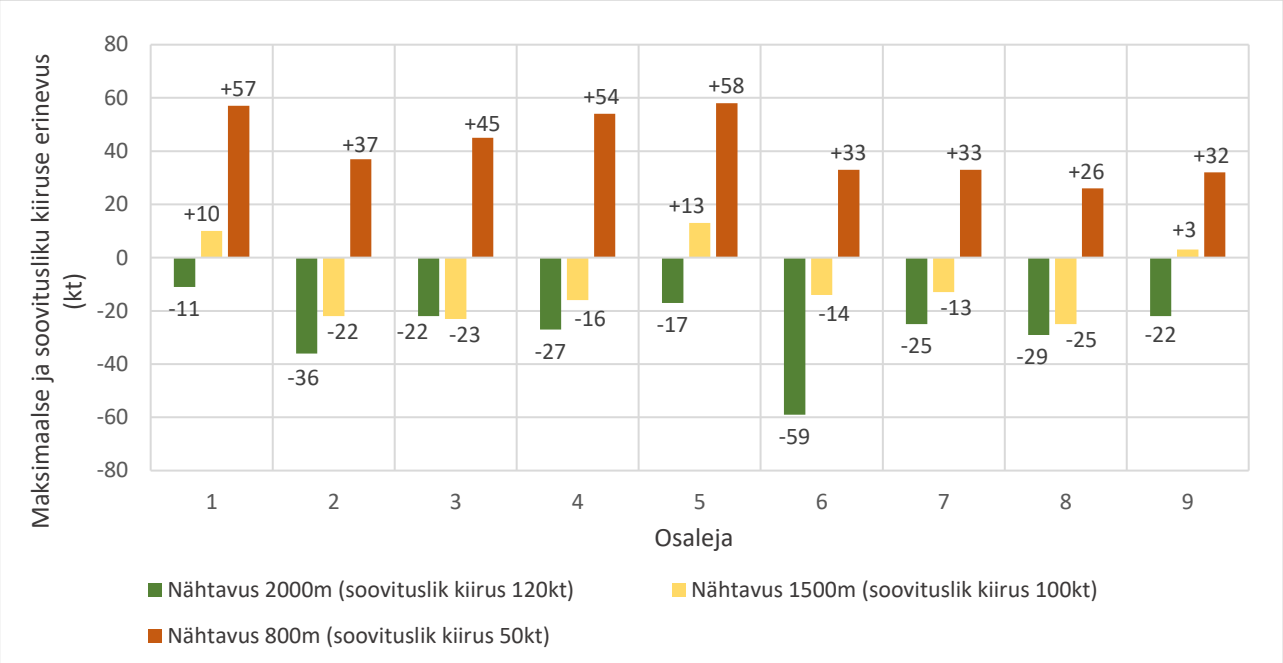
Peatükis 2.2.1 kirjeldatud hindamiskriteeriumitest lähtudes sooritasid seitse osalejat (78%) maksimaalsed viis viga viiest. Keskmine vigade arv osaleja kohta oli 4,44. Kõige vähem vigu tegi osaleja 9, kelle tulemuseks oli kaks viga viiest, osaleja 4 tegi kokku kolm viga viiest. Kõige sagedamini esines väljaspool tihedalt asustatud alasid alla minimaalse lubatud kõrguse lendamist (viga 3), mida tegid kõik 9 osalejat (100%). Madalaimad registreeritud kõrgused väljaspool tihedalt asustatud alasid jäid vahemikku 35 kuni 301 jalga maapinnast (inglise keeles *above ground level*, edaspidi AGL) (vt joonis 2). Keskmine madalaim kõrgus oli 130 jalga AGL, mis jäi minimaalsest lubatud kõrgusest 370 jalga madalamale. Suurimad registreeritud kõrgused varieerusid 522 ja 863 jala AGL vahel, keskmine suurim kõrgus oli 659 jalga AGL ehk 159 jalga üle minimaalse lubatud kõrguse. Küll aga on tarvis mainida, et kuigi maksimaalsed kõrgused võimaldasid teoreetiliselt reeglitele vastavat lendamist, viibisid kõik osalejad lennu jooksul valdavalt alla minimaalse lubatud kõrguse.



Joonis 2. Miinimum ja maksimum lennukõrgused osalejate kaupa mitte tihedalt asustatud alade kohal. Tulbad esindavad iga osaleja madalaimat ja kõrgeimat lennukõrgust lennu vältel väljaspool tihedalt asustatud alasid. Väljumise ja lähenemise jooksul saavutatud kõrguseid ei ole arvesse võetud. Tulpadel toodud arvud tähistavad vastavat kõrgust jalgades.

Samuti eksisid kõik üheksa osalejat (100%) hindamiskriteerium 5 juures, mis seisnes EASA soovituslike kiiruste ületamises. Analüüsis võeti arvesse suurimat näidikukiirust, millega kindla nähtavusega tingimustes lennati. Joonisel 3 on näha, et enamasti ületati soovituslikku kiirust 800

meetrise nähtavusega alas, kus soovituslik kiirus on 50 sõlme. Keskmiselt lennati soovituslikust kiirusest 42 sõlme kiiremini ehk näidikukiirusega 92 sõlme. Madalaim maksimaalne kiirus 800 meetrise nähtavusega alas oli 76 sõlme ning suurim 108 sõlme. 1500 meetrise nähtavusega alas ületas soovituslikku kiirust kolm osalejat (33%), kusjuures keskmine maksimaalne kiirus jäi soovituslikust (100 sõlme) 10 sõlme aeglasemaks. 2000 meetrise nähtavusega alas ei ületanud ükski osaleja soovituslikku kiirust (120 sõlme) ning keskmine maksimaalne kiirus oli soovituslikust kiirusest 28 sõlme madalam (keskmine maksimaalne näidikukiirus 92 sõlme).

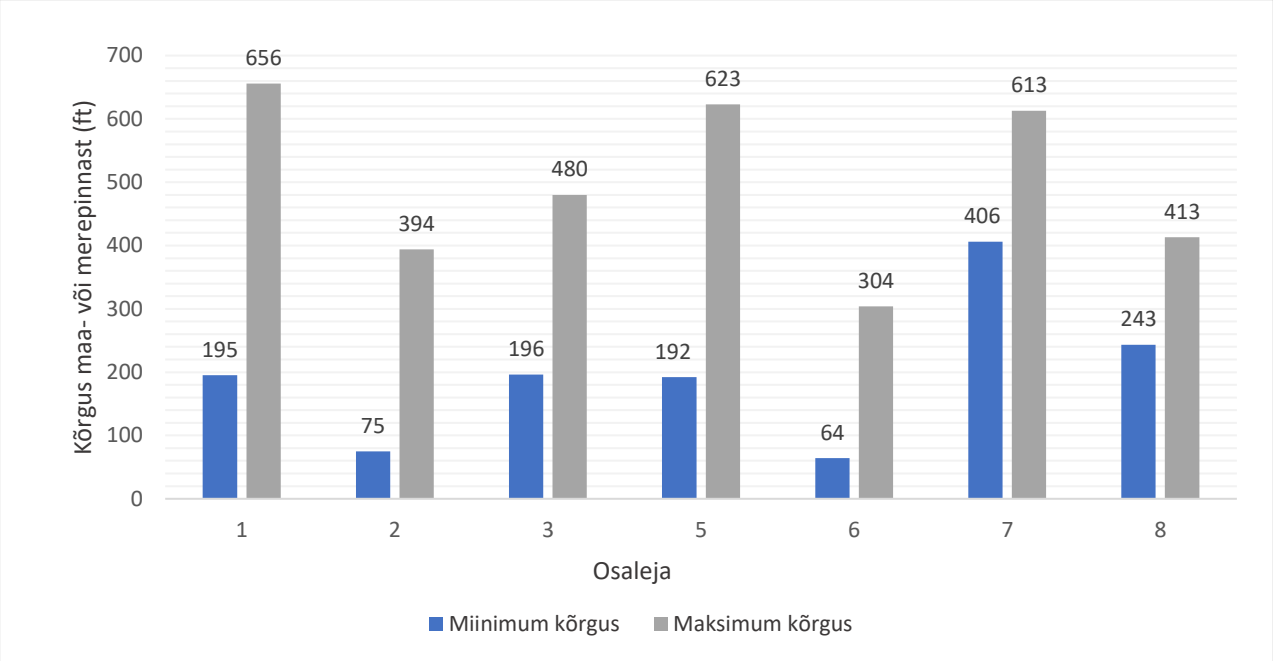


Joonis 3. Soovitusliku kiiruse järgimine erinevate nähtavuste korral. Vertikaalteljel on kujutatud osaleja maksimaalse kiiruse erinevus vastava nähtavuse juures kehtestatud soovituslikust kiirusest (legendis toodud väärtused). Positiivsed väärtused tähistavad soovitusliku kiiruse ületamist, negatiivsed väärtused soovituslikust kiirusest madalamat kiirust. Arvesse ei ole võetud väljumise ega lähenemise faasis saavutatud kiiruseid.

Sageduselt kolmandana esines IMC-sse sattumist (viga 1), mis antud eksperimendi kontekstis tähendas pilve sisse lendamist. Antud viga registreeriti kaheksa osaleja (89%) seas. IMC-s viibimise keskmine kestus oli 51 sekundit ning kõige pikema aja veetis IMC-s osaleja 5 (118 sekundit). Kui välja arvata osaleja, kes lennu jooksul kordagi IMC-sse ei sattunud, oli kõige vähem aega IMC-s osaleja 8, kes viibis seal 3 sekundit. IMC-sse sattumisega seoses ületati kriitilisi lennuparameetreid kahel korral.

Kõige harvemini esinesid vead 4 ja 2 ehk ära eksimine ja tihedalt asustatud alade kohal alla minimaalse lubatud kõrguse lendamine. Mõlemat nimetatud viga sooritasid seitse osalejat (78%). Osalejad 4 ja 9, kelle puhul viga 2 ei registreeritud, vältisid teadlikult tihedalt asustatud alade kohale

lendamist, tagamaks kõrgusnõuete täitmise keerulistes ilmastikutingimustes. Madalaimad kõrgused tihedalt asustatud alade kohal jäid vahemikku 64 kuni 406 jalga AGL (vt joonis 4), keskmise madalaima kõrgusega 196 jalga AGL ehk 804 jalga alla minimaalse lubatud kõrguse. Suurimad kõrgused ulatusid 304 kuni 656 jalani AGL. Keskmine suurim kõrgus tihedalt asustatud alade kohal oli 498 jalga AGL, mis on 502 jalga alla minimaalse lubatud kõrguse.



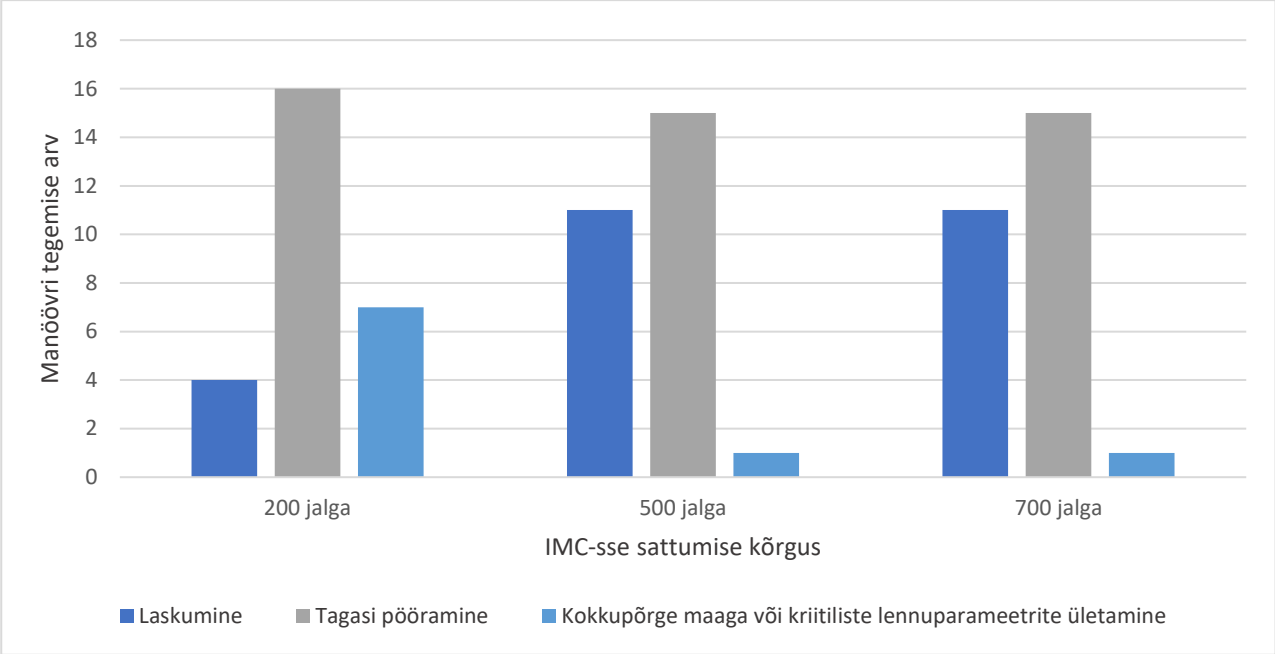
Joonis 4. Miinimum ja maksimum lennukõrgused osalejate kaupa tihedalt asustatud alade kohal. Tulbad esindavad iga osaleja madalaimat ja kõrgeimat lennukõrgust lennu vältel tihedalt asustatud alade kohal. Väljumise ja lähenemise jooksul saavutatud kõrguseid ei ole arvesse võetud. Tulpadel toodud arvud tähistavad vastavat kõrgust jalgades.

3.2 Instrumentaallennu tingimustest väljumise manöövrid

Eksperimendi käigus kujunesid välja kaks peamist manöövrit, mida osalejad kasutasid IMC-st väljumiseks – laskumine ja tagasi pööramine. Eraldi kategooriana otsustati lisada kokkupõrge maaga või kriitiliste lennuparameetrite ületamine, kuna need juhtumid ei kvalifitseerunud ühegi eelmainitud manöövri alla. Nagu kirjeldatud peatükis 2.2.2, koguti andmeid kolmel erineval lennukõrgusel IMC-sse sisenemise kohta ning iga kõrguse kohta sooritati kolm tabelis 1 kirjeldatud järjestuses läbi viidud katset. Kokkuvõttes tähendas see, et ühe kõrguse kohta registreeriti IMC-st väljumise manöövreid üheksa osaleja kohta 27 korral (n=27).

Joonis 5 illustreerib IMC-st väljumise manöövreid kõrguste kaupa. Kõige sagedamini kasutatud manöövriks kujunes igal kõrgusel tagasi pööramine. 200 jala kõrgusel sooritati tagasi pööramist 16 korral (59%) ning nii 500 kui ka 700 jala kõrgusel 15 korral (56%). Laskumise manöövri esinemissagedus suurenes kõrguse kasvades. 200 jala kõrguselt sooritati laskumist neljal korral

(15%), kuid 500 ja 700 jala kõrgusel tõusis vastav arv mõlemal juhul 11 korrani (41%). Kokkupõrke maaga või kriitiliste lennuparameetrite ületamise juhtumeid esines kõige enam madalaimal, 200 jala kõrgusel, kus neid registreeriti seitsmel korral, moodustades 26% kõigist kordustest sellel kõrgusel. 500 ja 700 jala kõrgusel esines antud juhtumeid vaid ühel korral (4%) mõlemal kõrgusel.



Joonis 5. IMC-st väljumise manöövrid kõrguste kaupa. Manöövrid on esitatud esinemissageduse järgi, kus erinevad värvid tähistavad erinevaid manöövreid.

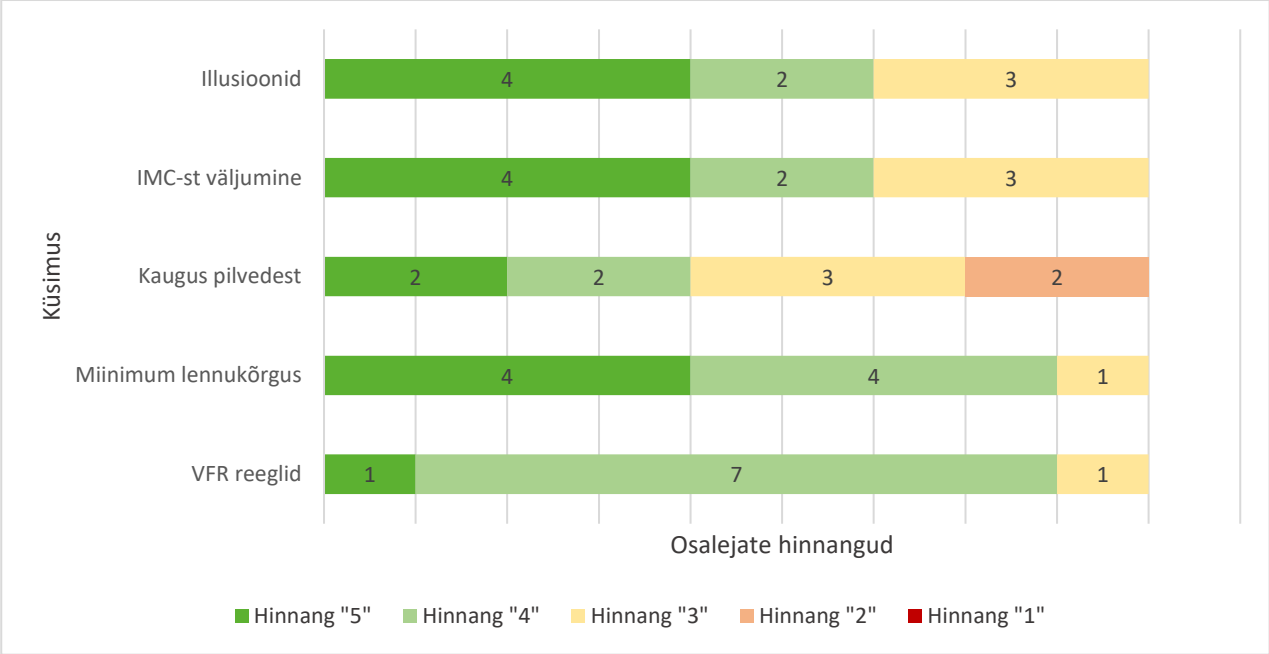
Kõiki kõrguseid kokkuvõttes kujunes tagasi pööramine kõige sagedamini kasutatud IMC-st väljumise manöövriks. Seda sooritati kokku 46 korral, mis moodustas 57% kõigist registreeritud katsetest (n=81). Laskumine oli populaarsuselt teine manööver, mida tehti kokku 26 korral (32%). Kokkupõrget maapinnaga või kriitiliste lennuparameetrite ületamist registreeriti kokku üheksal korral, moodustades 11% kõigist kordadest. Nendes olukordades kaotati õhusõiduki üle kontroll keskmiselt 63 sekundit pärast IMC-sse sattumist.

Kuus osalejat (67%) väljusid IMC-st igal katsel järjepidevalt sama manöövriga, mis viitab stabiilsele käitumismustrile ja eelistatud või teadlikule väljumisstrateegia kasutamisele kogu eksperimendi vältel. Kokkupõrkeid maaga või kriitiliste lennuparameetrite ületamist antud analüüsis ei arvestatud, kuna neid ei saa käsitleda teadliku ja sihipärase otsusena, vaid pigem ebaõnnestunud manöövri või eksimuse tagajärjena. Kõige ohutumat käitumist ilmutasid need kaks osalejat, kellel oli lisaks PPL(H)-le lennuki instrumentaallennu pädevus. Mõlemad sooritasid kõik üheksa IMC-st väljumise manöövrit järjepidevalt tagasi pöördena, kordagi maapinnaga kokku põrkamata või kriitilisi lennuparameetreid ületamata. Antud tulemus näitab, et piloodid, kellel on ulatuslikum väljaõpe ja kogemus IMC-s lendamisega, suudavad oluliselt paremini toime tulla olukordades, kus nähtavus on piiratud või täiesti puudulik. Kõige vähem kokkupõrkeid maaga või kriitiliste lennuparameetrite

ületamist esines osalejate seas, kelle lennukogemus ületas 1000 lennutundi – nelja osaleja (n=36) peale registreeriti vaid üks juhtum (3%). Osalejate hulgas, kelle lennutundide arv jäi vahemikku 100–1000, esines kokku kolme osaleja (n=27) kohta kuus kokkupõrget (22%). Kuni 100 lennutunniga kahe osaleja (n=18) seas registreeriti kaks kokkupõrget (11%).

3.3 Osalejate hinnangud oma teadmistele

Osalejad hindasid oma teadmisi viie-punktilisel Likerti skaalal, kus väärtus „1“ tähistas väga halbu teadmiseid ja „5“ väga häid teadmiseid. Tulemused on toodud joonisel 6.



Joonis 6. Osalejate hinnangud oma teadmistele. Hinnangud on esitatud esinemissageduse alusel, kus arv tulba vastava värvikoodiga osas tähistab vastuse esinemissagedust.

Kõrgeim keskmine hinnang anti teadmistele miinimum lennukõrguste kohta, millele anti keskmiseks hinnanguks 4,3 (standardhälve 0,7). Siiski selgus avatud vastustega teooriaküsimuste analüüsist, et tegelik teadlikkus selles valdkonnas ei olnud vastavuses osalejate subjektiivsete hinnangutega. Küsimusele “Milline on minimaalne lennukõrgus VFR lennu ajal?” ei andnud ükski osaleja täielikult korrektset vastust. Kuus osalejat (67%) vastas küsimusele osaliselt õigesti (nt üks komponent õigesti, teine valesti) ning kolm osalejat (33%) vastasid täiesti valesti. Kõige madalama keskmise hinnangu said teadmised miinimumdistantsist pilvedest. Osalejate keskmine hinnang oli 3,4 (standardhälve 1,1), mis viitab suuremale ebakindlusele või teadmiste varieeruvusele selles kategoorias. Ka siin ei andnud ükski osaleja avatud vastusega küsimusele “Milline on minimaalne lubatud kaugus pilvedest VFR lennu ajal?” täielikult korrektset vastust, viis osalejat (56%) esitasid osaliselt õige vastuse ja neli osalejat (44%) vastas täiesti valesti.

Teadmistele nii IMC-st väljumisest kui ka IMC-s tekkivatest illusioonidest andsid osalejad mõlemale keskmiseks hinnanguks 4,1 (standardhälve mõlemal juhul 0,9). Avatud vastusega küsimuses "Millised illusioonid võivad IMC-sse sattudes tekkida?" vastasid kõik üheksa osalejat (100%) "ruumitaju kadumine". Lisaks mainis üks osaleja (11%) "tunnelnägemist" ja teine (11%) "tasakaaluhäireid". Küsimusele "Kuidas väljuda IMC-st peale sinna VFR lennu ajal sattumist?" tõid kõik üheksa osalejat (100%) vastuseks "tagasi pööramine" ning viis osalejat (56%) tõid lisaks alternatiivse meetodina välja "laskumise". Enamik osalejaid, kes tõid ainsa IMC-st väljumise meetodina välja tagasi pööramise, rakendasid ka eksperimendi teises osas pilvest väljumisel järjepidevalt ainult seda manöövrit. Üks osaleja, kes samuti nimetas vastuses vaid tagasi pööramise, kasutas katsete käigus IMC-st väljumiseks siiski igal korral laskumist.

Üldise visuaallennureeglite tundmise kohta andsid osalejad keskmiseks hinnanguks 4,0 (standardhälve 0,5), mis näitab, et osalejad hindasid oma teadmisi selles valdkonnas ühtlaselt kõrgeks. Subjektiivsete hinnangute ja tegelike teadmiste võrdlus näitas, et osalejad kipuvad oma teadmisi teatud valdkondades üle hindama. Eriti ilmnes see minimaalsete lennukõrguste ja pilvedest hoidumise nõuete puhul, kus suhteliselt kõrgele enda poolt antud hinnangule ei vastanud korrektsed teoreetilised teadmised. IMC-sse sattumisega seotud teemadel olid osalejate teadmised ja subjektiivsed hinnangud omavahel kooskõlas.

Lisaks paluti osalejatel hinnata nii lennukoolis saadud teoreetilist kui ka praktilist õpet IMC-sse sattumisest ja sellega kaasnevatest ohtudest. Teoreetilist õpet hinnati suhteliselt kõrgelt, keskmise väärtusega 4,2 (standardhälve 1,0), mis viitab sellele, et enamik osalejatest pidas IMC-ga seotud teemade käsitlemist teooriaõppes rahuldavaks või heaks. Nelja osaleja sõnul käsitleti IMC-sse sattumist ja sellega seotud riske lennupraktika käigus, eeskätt lennueelsel või -pealsel briifingul. Üks osaleja märkis, et IMC teemadele pöörati tähelepanu meteoroloogia loengutes, kaks osalejat viitasid lennundusõigusaktide loengutele, üks osaleja tõi välja käitamisprotseduuride loengud ning üks osaleja mainis lennu planeerimise loenguid.

Praktilise koolituse puhul jäi keskmine hinnang madalamaks, väärtusega 3,8 (standardhälve 1,3). Praktilise koolituse kogemused IMC-ga seotud olukordade osas varieerusid märgatavalt. Kolm osalejat mainisid, et praktilise õppe käigus siseneti reaalselt IMC-sse ning harjutati sealt väljumise protseduure. Ühe osaleja sõnul kasutati praktilises õppes IMC imiteerimiseks vahendeid, mis piirasid nähtavust ja simuleerisid instrumentaallennu tingimusi. Veel üks osaleja tõi esile, et IMC olukordi käsitleti simulaatoris, kus harjutati nii IMC-s lendamist kui ka sealt ohutult väljumist. Samas kolm osalejat, kelle praktilise õppe jooksul reaalseid instrumentaallennu tingimusi ei käsitletud, hindasid oma praktilist ettevalmistust ebapiisavaks. Nende hinnangul oli koolitus „kehv" ja nad rõhutasid, et reaalses IMC-s lendamine oleks andnud märkimisväärse lisaväärtuse. Selline tagasiside viitab, et

IMC-ga seotud praktilise õppe standard Eestis ei ole ühtlustatud, vaid sõltub suuresti konkreetse instruktori või lennukooli praktikast.

Lisaks teadmistele ja koolituskogemustele uuriti ka osalejate varasemaid kogemusi seoses visuaallennureeglite rikkumisega ning IMC-sse sattumisega VFR lennu ajal. Küsimusele „Kas olete kunagi tahtlikult või tahtmatult visuaallennureegleid rikkunud?“ vastas kuus osalejat (67%) jaatavalt ning kolm (33%) eitavalt. Neist, kes vastasid jaatavalt, täpsustas kuus osalejat, et on lennanud liiga lähedale pilvedele ning lisaks mainisid neli osalejat, et on lennanud madalamal lubatud miinimum lennukõrgusest. Küsimusele „Kas olete kunagi tahtlikult või tahtmatult VFR lennu ajal IMC-sse sattunud?“ vastas samuti kuus osalejat jaatavalt ja kolm eitavalt. Jaatavalt vastanutest kaks osalejat märkisid, et sisenesid IMC-sse tahtlikult, ent tegemist oli väikese pilvega ning tehti seda kas kogemuse saamise eesmärgil või ohutunde ergutamiseks. Ülejäänud neli osalejat kirjeldasid, et sattusid IMC-sse ootamatult. Näiteks toodi esile olukord, kus mere kohal põuavine tõttu sulandus taevas horisondiga, muutes kogu vaatevälja ühtlaselt samat värvi.

Küsimusele „Kas oleksite päris situatsioonis eksperimendi tingimustele sarnaste ilmastikutingimustega VFR lendu sooritanud?“ vastasid kõik üheksa osalejat (100%) eitavalt. See näitab, et kuigi osalejad olid valmis katsetama keerulistes ilmastikutingimustes lendamist simuleeritud keskkonnas, teadvustasid nad sellise olukorra ohtlikkust tegelikus lennutegevuses.

Kolm osalejat märkisid viimases avatud vastusega küsimuses, et eksperiment oli nende jaoks väga kasulik kogemus, andes neile vahetu kogemuse sellest, kui keeruline võib olla IMC-st väljumine ja kui kiiresti võib ruumitaju visuaalsete pidepunktide puudumisel kaduda. Seda tagasisidet võib vaadelda kooskõlas praktilise koolituse varieeruvuse ja puudujääkidega: kui osa osalejatest ei ole kunagi IMC-sse sattumist praktiliselt läbi harjutanud, siis võib sarnaseid kogemusi pakkuv eksperiment täita olulist õppe- ja teadlikkust tõstvat eesmärki. Koos varasemate hinnangutega praktilise õppe ebapiisavusele viitab see, et erapiloodid ise tunnetavad vajadust sisukama koolituse järele, eeskätt just IMC-ga seotud olukordade ennetamise ja ohutu lahendamise osas.

3.4 Arutelu ja järeldused

Esimene uurimisküsimus keskendus sellele, kuidas piloodid järgivad visuaallennureegleid miinimumilähedastes ilmastikutingimustes. Eksperimentaalsed tulemused näitasid, et kõik osalejad kaldusid kehtivatest reeglitest kõrvale, kusjuures seitsmel piloodil (78%) esines maksimaalne võimalik arv vigu. Kõige sagedamini täheldati väljaspool tihedalt asustatud alasid lubatust madalamal kõrgusel lendamist ja soovituslike kiiruste ületamist, mida esines kõigi üheksa osaleja puhul. Lisaks sattus 89% osalejatest lennu jooksul IMC tingimustesse ning 78% osalejatest eksisid ära ja lendasid alla minimaalse lubatud kõrguse tihedalt asustatud alade kohal. Keskmine vigade arv osaleja kohta

oli 4,44 viiest võimalikust, mis näitab, et reeglitest kõrvalekaldumine oli ulatuslik ja üldine kogu valimi lõikes. Leiud on kooskõlas varasemate uuringutega, näiteks Walmsley ja Gilbey (2017), kelle andmetel kipuvad piloodid olukorras, kus lennueelne ilmaprognoos viitab soodsatele tingimustele, halvenevates ilmastikutingimustes nähtavust ja pilvekõrgust süstemaatiliselt üle hindama (Walmsley jt, 2017). Käesolevas uuringus näitas sihtkoha METAR väljumise hetkel paremaid ilmastikuolusid kui tegelikkuses kohale jõudes kogeti. See võis mõjutada otsustusprotsessi viisil, mis soodustas visuaallennureeglitest kõrvalekaldumist, kuna piloodid lähtusid eeldusest, et tingimused on endiselt sobivad. Samuti toetavad saadud tulemused O'Hare'i (2024) järeldust, mille kohaselt kasvab lennu kestuse pikenedes kalduvus jätkata lendu halvenevatesse ilmastikutingimustesse ka siis, kui see tähendab reeglitest kõrvalekaldumist (O'Hare, 2024). Käesolevas uuringus halvenes nähtavus lennu jooksul järk-järgult, kuid katkestamissoovi avaldasid osalejad peamiselt lennu alguses, kui nähtavus oli veel hea. Hiljem, kui tingimused olid halvenenud, ei soovinud ükski osaleja enam lendu katkestada.

Teine uurimisküsimus käsitles seda, milliseid manöövreid kasutavad piloodid IMC-st väljumiseks. Analüüsi tulemusel selgus, et kõige sagedamini rakendati tagasi pööramist, mida kasutati 57% juhtudest ning mis vastab UK Civil Aviation Authority (eesti keeles Ühendkuningriikide tsiviillennundusamet) poolt kirjeldatud parimale praktikale IMC-st väljumiseks (Civil Aviation Authority, 2024). Sellele järgnes laskumine, mida kasutati 32% juhtudest. Kokkupõrkeid maapinnaga või kriitiliste lennuparameetrite ületamist esines 11% juhtudest, valdavalt madalamatel kõrgustel, kus manööverdamisruum ja reageerimisaeg olid rohkem piiratud. Keskmiselt toimusid kokkupõrked maaga või kriitiliste lennuparameetrite ületamised 63 sekundit pärast IMC-sse sattumist. See tulemus haakub United States Helicopter Safety Team (2021) uuringuga, mille kohaselt kaotab kopteripiloot IMC-sse sattumise järel õhusõiduki üle kontrolli keskmiselt 56 sekundi jooksul (United States Helicopter Safety Team, 2021).

Kolmas uurimisküsimus käsitles pilootide hinnanguid oma teadmistele visuaallennureeglitest, tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumisest ja sellega kaasnevatest ohtudest ning seda, millisel määral vastavad need pilootide tegelikele teooriateadmistele. Kogutud andmete põhjal ilmnes, et osalejad hindasid oma teadmisi üldiselt kõrgeks, eriti miinimumkõrguste ja IMC-st väljumise osas. Samas näitasid teoreetilisi teadmisi kontrollivate küsimuste vastused, et subjektiivsed hinnangud ei olnud alati kooskõlas tegelike teoreetiliste teadmistega – eriti ilmnes puudujääke miinimumkõrguste ja pilvedest hoidumise nõuete osas. Küll aga olid nii IMC-st väljumise kui ka seal tekkivate illusioonide alased teadmised vastavuses nii osalejate endi poolt antud hinnangute kui ka katsetes ilmnenud käitumistega. Saadud tulemused kinnitavad Robinson Helicopter Company (1994)

ohutusteate sisu, mille kohaselt võivad erapiloodid sageli üle hinnata oma teadmiseid ja oskuseid, mis võib suurendada õnnetusse sattumise riski (Robinson Helicopter Company, 1994).

3.5 Piirangud ja edaspidised rakendused

Käesoleval uuringul on mitmeid piiranguid. Esiteks tuleb arvestada, et eksperiment viidi läbi FNPT-s, mitte lennu täisimitaatoris (inglise keeles *full flight simulator*, edaspidi FFS). Simulaator ise füüsiliselt ei liikunud ning seetõttu puudusid osalejatel mitmed reaalsele lendamisele iseloomulikud ruumitaju kadumise ja liikumisega seotud illusioonid, mis tekivad tegelikku IMC-sse sattumisel. See võis vähendada katses kogetud stressi või tegevusviiside realistlikkust. Teiseks piiranguks oli simulaatori graafika, mis ei pakkunud visuaallennul orienteerumiseks piisavalt elutruusid pidepunkte – suurem osa visuaalsetest elementidest olid kahemõõtmelised ning detailsus oli madal. Selline visuaalne kvaliteet võis mõjutada pilootide võimet orienteeruda neile antud kaardi järgi ning seeläbi moonutada nende otsuseid ja tegevusi. Olulise piiranguna tuleb märkida ka IMC tingimuste simuleerimise tehnilisi kitsendusi. Tulenevalt eksperimendis kasutatava FNPT piirangutest ei olnud võimalik tekitada kindlate horisontaalsete mõõtudega pilvealasid, vaid ainult kogu taevast läbivat ühtlast pilvekihti, mida sai reguleerida ainult vertikaalses ulatuses. Uurimist piirab ka valimi koosseis. Kopteri erapiloote on Eestis vähe ning nende saadavus uuringus osalemiseks on piiratud. See vähendas valimi representatiivsust ning võis mõjutada tulemuste üldistatavust laiemale kopteri erapilootide kogukonnale.

Käesoleva uuringu tulemusi saab rakendada mitmel viisil nii lennuõppe kui ka ohutuskultuuri arendamisel. Esiteks võib IMC-sse sattumisega seotud käitumismustrite analüüs anda olulist sisendit lennukoolide koolitus- ja õppekavade täiustamiseks, tuues esile vajaduse pöörata rohkem tähelepanu visuaallennureeglitele ja ohutule IMC-st väljumisele. Lennuõppe jooksul võiks pilootidel olla võimalus vähemalt korra või kaks kogeda lendamist tegelikes IMC tingimustes või läbida korralik simulaatoriõpe, eelistatult FFS-is. Teiseks on uuringu metoodikat võimalik kohandada ja edasi arendada tehnilisematesse simulaatoritesse, näiteks FFS või realistlikumate visuaalidega FNPT seadmetesse, mis võimaldavad paremat sensoorset tagasisidet ning realistlikumat lennukeskkonda. Lõpuks võib sarnast uuringut laiendada ka teistele õhusõiduki kategooriatele ja piloodigruppidele, näiteks lennukitele ning ameti- ja liinipilootidele. Sellised võrdlusuuringud võiksid pakkuda väärtuslikku sisendit nii koolitusasutustele kui ka Transpordiametile.

KOKKUVÕTE

Antud töö eesmärk oli välja selgitada, millisel määral kalduvad kopteri erapiloodid visuaallennureeglitest kõrvale miinimumilähedaste ilmastikutingimuste korral, millised on peamised manöövrid visuaallennu tingimustesse naasmiseks peale tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumist, kuidas piloodid oma teadmisi antud teemadest hindavad ning millisel määral vastavad need hinnangud pilootide tegelikele teadmistele. Eesmärgi täitmiseks viidi Eesti kopteri erapilootide seas läbi kaheosaline eksperiment lennutreeningseadmes ja veebipõhine küsimustik.

Esimene uurimisküsimus oli, millisel määral kalduvad piloodid visuaallennureeglitest kõrvale miinimumilähedaste ilmastikutingimuste korral. Uuringu tulemusena leiti, et enamik osalejaid kaldus keerulistes ilmastikuoludes visuaallennureeglitest kõrvale. Ükski osaleja ei järginud soovitatava kiiruse ja hõredalt asustatud alade kohal minimaalse lennukõrguse nõudeid, 89% osalejatest sattusid IMC-sse ning 78% eksisid ära ja lendasid liiga madalalt tihedalt asustatud alade kohal. Keskmine vigade arv osaleja kohta oli 4,44 viiest võimalikust.

Teine uurimisküsimus keskendus sellele, millised on enim kasutatud manöövrid visuaallennu tingimustesse naasmiseks peale tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumist. Analüüsi põhjal selgus, et kõige sagedamini kasutati IMC-st väljumiseks tagasi pööramist (57% juhtudest), millele järgnes laskumine (32% juhtudest). Kokkupõrkeid maapinnaga või kriitiliste lennuparameetrite ületamist esines 11% juhtudest, peamiselt madalal kõrgusel.

Kolmas uurimisküsimus oli, millised on pilootide hinnangud oma teadmistele visuaallennureeglitest, tahtmatult instrumentaallennu tingimustesse sattumisest ja sellega kaasnevatest ohtudest ning millisel määral vastavad need pilootide tegelikele teooriateadmistele. Kogutud andmete põhjal ilmnes, et osalejad hindasid oma teadmisi üldiselt kõrgeks, eriti miinimumkõrguste ja IMC-st väljumise osas. Siiski selgus, et subjektiivsed hinnangud ei vastanud alati tegelikele teadmistele, kõige suurem vahe tekkis miinimumkõrguste ja pilvedest hoidumise nõuete puhul. IMC-st väljumise ja illusioonide teemadel olid teadmised ja enda poolt antud hinnangud üldjoontes kooskõlas.

Uuringu tulemusi saab rakendada lennuõppe ja lennuohutuse arendamisel, eelkõige visuaallennureeglite ja IMC-st väljumise õpetamise täiustamisel. Õppe arendamise vajadust kinnitab asjaolu, et praktiline väljaõpe IMC olukordade lahendamiseks oli osalejate hinnangul ebapiisav. Samuti pakub töö metoodika võimalusi edasiseks arendamiseks realistlikumates simulaatorites ning uurimuse laiendamiseks teistele piloodirühmadele.

Autor tänab oma juhendajat Jaan Annust ja konsultanti Nele Põldveri ning kõiki uuringus osalenud kopteri erapiloote.

KASUTATUD KIRJANDUS

Aircraft Owners and Pilots Association. (n.d). *Training and Escape*. Kasutamise kuupäev: 15. märts 2025. a., allikas https://www.aopa.org/training-and-safety/air-safety-institute/accident-analysis/vfr-into-imc/training-and-escape

Aircraft Owners and Pilots Association. (n.d). *VFR to IMC avoidance and escape*. Kasutamise kuupäev: 24. aprill 2025. a., allikas https://www.aopa.org/training-and-safety/air-safety-institute/vfr-into-imc-avoidance-and-escape

AMC & GM to Part-FCL. (18. märts 2020. a.). Kasutamise kuupäev: 6. aprill 2025. a., allikas European Union Aviation Safety Agency: https://www.easa.europa.eu/en/downloads/1533/en, muudetud: https://www.easa.europa.eu/en/downloads/111528/en

AMC & GM to the rules of the air. (31. juuli 2013. a.). Kasutamise kuupäev: 29. jaanuar 2025. a., allikas European Union Aviation Safety Agency: https://www.easa.europa.eu/en/downloads/1995/en

Bristol Groundschool. (2022). *Human Performance & Limitations* (lk 10.2-10.3). Clevedon: Bristol Groundschool International Limited.

Bristol Groundschool. (2023). *Air Law* (lk 8.3-8.4). Clevedon: Bristol Groundschool International Limited.

Bryan, L. A., Stonecipher, J. W., & Aron, K. (30. september 1954. a.). *180-degree turn experiment*. Kasutamise kuupäev: 15. mai 2025. a., allikas https://archive.org/details/180degreeturnexp11brya/page/n5/mode/2up

CAE Oxford Aviation Academy. (2015). *Human performance and limitations* (lk 76). CAE Oxford Aviation Academy.

CAE Oxford Aviation Academy. (2015). *Human performance and limitations* (lk 64-65). CAE Oxford Aviation Academy.

Cao, Y., Wang, G., & Jiang, C. (23. detsember 2021. a.). *Study on Influencing Factors of Helicopter Brownout Evolution Based on CFD-DEM. Applied Sciences, 12(1), 126.* https://doi.org/10.3390/app12010126

Caroll, L. (15. veebruar 2024. a.). *Whiteout conditions, lack of regulations contributed to fatal 2021 helicopter crash in Nunavut, TSB says*. Kasutamise kuupäev: 24. märts 2025. a., allikas Canadian Broadcasting Corporation: https://www.cbc.ca/news/canada/north/the-transportation-safety-board-recommending-2021-helicopter-crash-nunavut-1.7116055

Cheung, B. (1. juuli 2017. a.). *Technology based pilot disorientation countermeasures. 2017 Fourth Asian Conference on Defence Technology-Japan (ACDT), 1-3. IEEE*. https://doi.org/10.1109/ACDTJ.2017.8259601

Civil Aviation Authority. (märts 2024. a.). *VFR flight into IMC*. Kasutamise kuupäev: 4. veebruar 2025. a., allikas https://www.caa.co.uk/media/v43pcnok/safety-sense-leaflet-33.pdf

Crognale, M. A., & Krebs, W. K. (juuli 2011. a.). *Performance of helicopter pilots during inadvertent flight into instrument meteorological conditions. The International Journal of Aviation Psychology, 21(3), 235-253*. https://doi.org/10.1080/10508414.2011.582443

Eesti Transpordiamet. (juuli 2021. a.). *Kopteri erapiloodiloa lennueksam*. Allikas: https://www.transpordiamet.ee/sites/default/files/documents/2021-07/va_572-4_pplh_skill_test.pdf

Eurocontrol. (märts 2009. a.). *Rules for VFR flight*. Kasutamise kuupäev: 29. jaanuar 2025. a., allikas https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/716.pdf

Federal Aviation Administration. (29. märts 2022. a.). *Helicopter Emergencies and Hazards*. Kasutamise kuupäev: 4. veebruar 2025. a., allikas https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/helicopter_flying_handbook/hfh_ch11.pdf

Ghosh, S., Lohry, M. W., & Rajagopala, R. G. (juuli 2010. a.). *Rotor configurational effect on rotorcraft brownout. 28th AIAA applied aerodynamics conference*. https://doi.org/10.2514/6.2010-4238

Ison, D. (16. veebruar 2016. a.). *Understanding VFR Into IMC Accidents*. Kasutamise kuupäev: 4. veerbuar 2025. a., allikas Plane & Pilot: https://www.planeandpilotmag.com/article/understanding-vfr-into-imc-accidents/

Kalmus, V. (2015). *Standardiseeritud kontentanalüüs*. Allikas: Tartu Ülikool: https://samm.ut.ee/kontentanalyys/

Ludlow, S. (november 2016. a.). *Reducing the Threat of the Somatogravic Illusion. Flight Safety Foundation International Air Safety Summit (IASS)*.

Meeks, R. K., Anderson, J., & Bell, P. M. (14. august 2024. a.). *Physiology Of Spatial Orientation*. Kasutamise kuupäev: 31. märts 2025. a., allikas Ńational Library of Medicine: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK518976/

National Transportation Safety Board. (2020). *Aircraft Accident Investigative Update*. Kasutamise kuupäev: 12. aprill 2025. a., allikas https://www.ntsb.gov/investigations/documents/dca20ma059-investigative-update.pdf

National Transportation Safety Board. (9. veebruar 2021. a.). *Aircraft Accident Report*. Kasutamise kuupäev: 12. aprill 2025. a., allikas https://www.ntsb.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR2101.pdf

National Transportation Safety Board. (15. mai 2025. a.). *Aviation Investigation Search*. Kasutamise kuupäev: 15. mai 2025. a., allikas https://www.ntsb.gov/Pages/AviationQueryv2.aspx

Newman, D. G. (3. detsember 2007. a.). *An overview of spatial disorientation as a factor in aviation accidents and incidents*. Kasutamise kuupäev: 31. märts 2025. a., allikas Australian Transport Safety Bureau: https://www.atsb.gov.au/sites/default/files/media/29971/b20070063.pdf

Nordian AS. (2019). *Operational procedures* (lk 3-7, 3-8). Sandefjord: Nordian AS.

Nordian AS. (2020). *Human performance and limitations* (lk 6-5). Sanderfjord: Nordian AS.

O'Hare, D. (veebruar 2024. a.). *Effects of distance flown on pilot decision making in continued flight into deteriorating weather conditions. Journal of safety research, 88, 336-343*. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.11.020

Ohutusjuurdluse Keskus. (10. mai 2006. a.). *Lennuõnnetus helikopteriga Robinson R-44*. Kasutamise kuupäev: 12. aprill 2025. a., allikas https://www.ojk.ee/sites/default/files/documents/2023-02/r-44_es-hpv_11.05.2004_lopparuanne.pdf

Porcù, R., Miglio, E., Parolini, N., Penati, M., & Vergopolan, N. (mai 2020. a.). *HPC simulations of brownout: A noninteracting particles dynamic model. The International Journal of High Performance Computing Applications, 34(3), 267-281*. https://doi.org/10.1177/1094342020905971

Purves, D., Augustine, G., & Fitzpatrick, D. (2001). *The Otolith Organs: The Utricle and Sacculus*. Kasutamise kuupäev: 5. aprill 2025. a., allikas National Library of Medicine: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10792/

Regulation 923/2012. (1. mai 2025. a.). *Commission Implementing Regulation (EU) No 923/2012 of 26 September 2012 laying down the common rules of the air and operational provisions regarding services and procedures in air navigation and amending Implementing Regulation (EU) No 1035/2011 and Regulations (EC) No 1265/2007, (EC) No 1794/2006, (EC) No 730/2006, (EC) No 1033/2006 and (EU) No 255/2010 (Text with EEA relevance)Text with*

EEA relevance, allikas https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02012R0923-20240501

Robinson Helicopter Company. (1. juuni 1994. a.). *Safety Notice SN-18*. Kasutamise kuupäev: 30. märts 2025. a., allikas https://robinsonstrapistorprod.blob.core.windows.net/uploads/assets/rhc_sn18_4ec064b09b.pdf

Schmidt, R. F., & Thews, G. (1997). *Inimese füsioloogia*. Tartu: Tartu Ülikooli Füsioloogia Instituut.

Schwartz, J. A., & Greer, W. L. (juuli 2018. a.). *Assessment of Brownout Mishaps in Military Rotorcraft*. Kasutamise kuupäev: 24. märts 2025. a., allikas https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1123124.pdf

United States Helicopter Safety Team. (15. juuni 2021. a.). *56 Seconds to Live*. Kasutamise kuupäev: 15. mai 2025. a., allikas https://ushst.org/wp-content/uploads/2021/06/56-Seconds-to-Live-Report-15-Jun-2021.pdf

Walmsley, S., & Gilbey, A. (november 2017. a.). *Debiasing visual pilots' weather-related decision making. Applied Ergonomics, 65, 200-208*. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.06.019

Whyte, G. (2003). *Fatal traps for helicopter pilots* (lk 375). Birkenhead: Reed books.

Õunapuu, L. (2014). *Kvalitatiivne ja kvantitatiivne uurimisviis sotsiaalteadustes* (lk 51-54). Tartu: Tartu Ülikool.

LISAD

Lisa 1. Osalejate demograafilised andmed ja lennukogemus

Lisa 2. Eksperimendi seadistus

Lisa 3. Eksperimendi esimese osa visuaallennureeglitele vastava marsruudi näide

Lisa 4. Osalejatele antud ilmastikutingimused

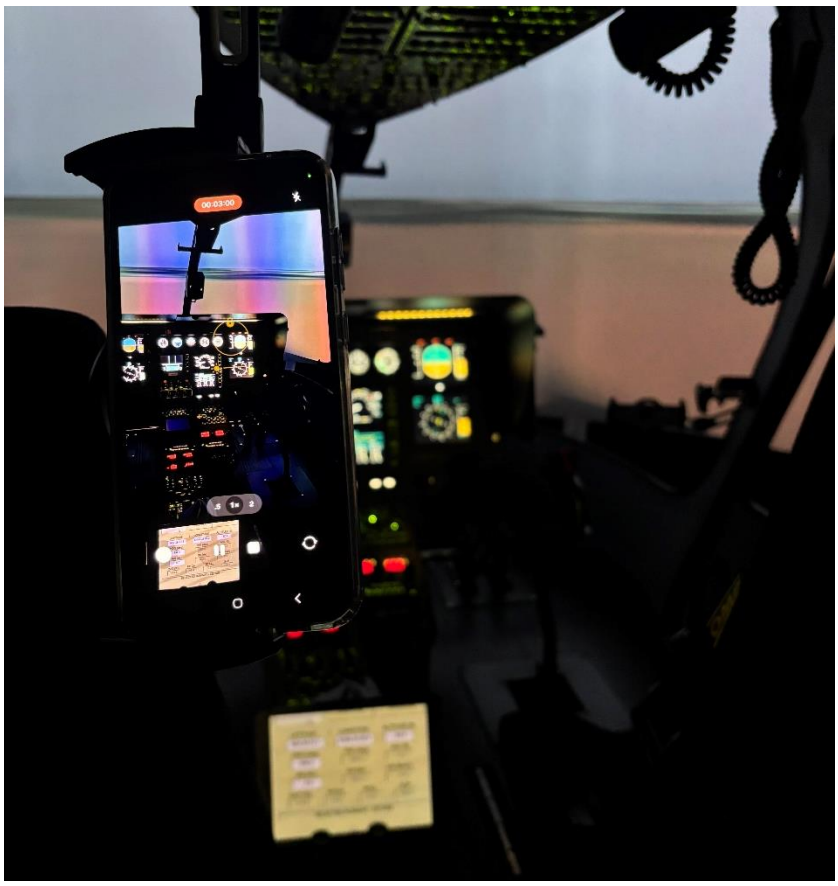
Lisa 5. Küsimustik

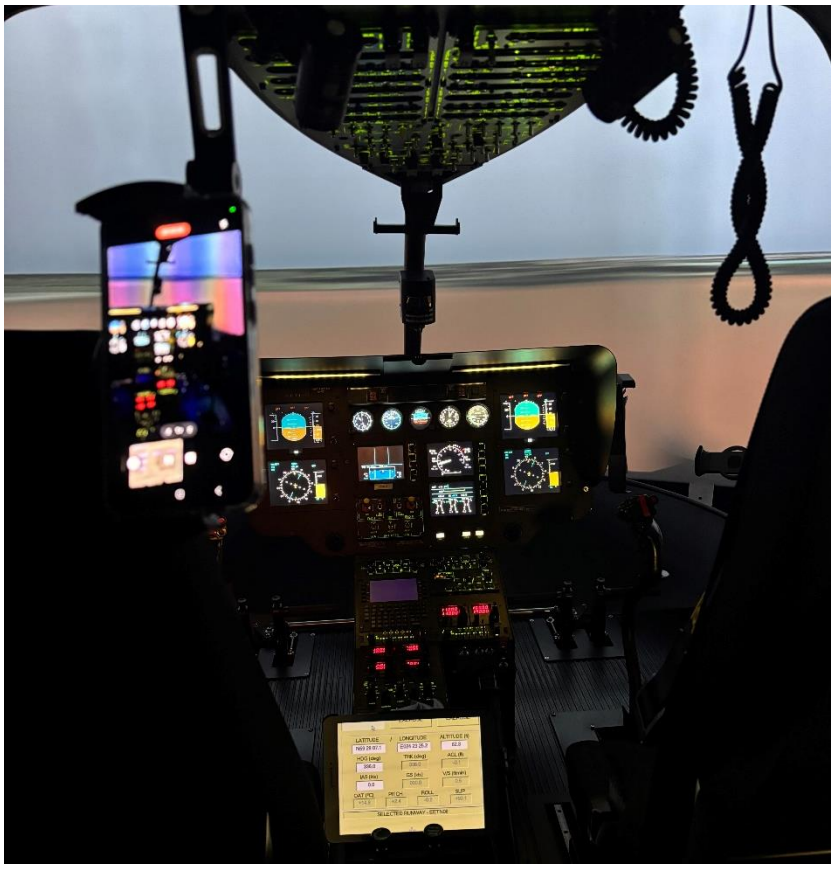
Lisa 6. Nõusolekuleht

Lisa 1. Osalejate demograafilised andmed ja lennukogemus

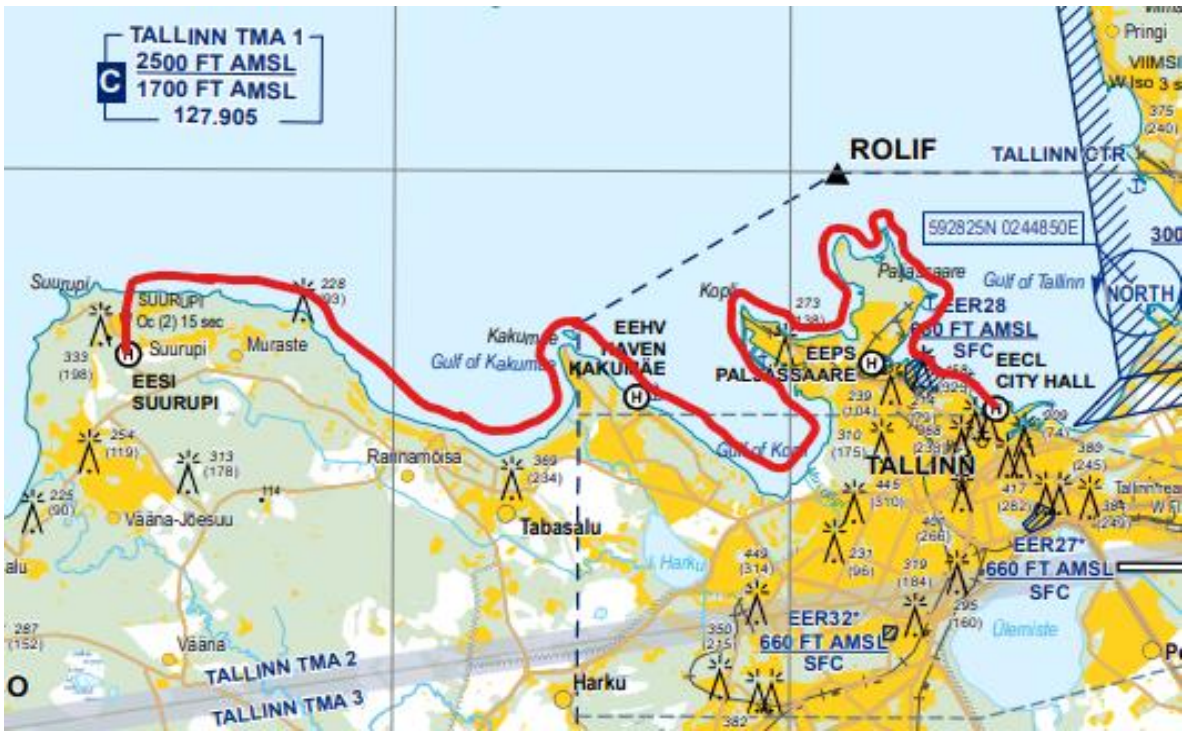
Tunnus	Kokku
Sugu; n (%)	
Mees	9 (100)
Vanus; n (%)	
40-49	4 (44)
50-59	4 (44)
60-69	1 (11)
Haridus; n (%)	
Kõrgharidus	5 (56)
Keskharidus	2 (22)
Kutseharidus	2 (22)
Lennutundide arv; n (%)	
<100	2 (22)
100-1000	3 (33)
>1000	4 (44)
Lennutundide arv viimase 3 kuu jooksul; n (%)	
0	3 (33)
1-100	5 (56)
>100	1 (11)
Lennundusloa liik; n (%)	
PPL(H)	9 (100)
PPL(A)	5 (56)
CPL(A) + frozen ATPL(A)	2 (22)
IR(A)	2 (22)
Lennukool, kus läbiti vähemalt mingi osa koolitusest; n (%)	
Piloodikool OÜ	4 (44)
Nordic Aviation Academy OÜ	9 (100)
AS Pakker Avio	4 (44)
Nõo Reaalgümnaasium	1 (11)
Õhusõidukite tüübid; n (%)	
Robinson R22	2 (22)
Robinson R44	7 (78)
Eurocopter EC120	1 (11)
Eurocopter EC130	1 (11)
Bell 505	2 (22)
Enstrom 480B	1 (11)
Enstrom 280FX	1 (11)
SEP(land) lennuk	6 (67)
Turbiinmootori(te)ga lennuk	2 (22)

Lisa 2. Eksperimendi seadistus





Lisa 3. Eksperimendi esimese osa visuaallennureeglitele vastava marsruudi näide



Lisa 4. Osalejatele antud ilmastikutingimused

METAR EETN 010950Z 07008KT 1000 OVC008 13/13 Q1013=

METAR EEEI 010950Z 08007KT 050V130 3000 OVC008 DZ 12/12 Q1013=

METAR EFHK 010950Z 07010KT 0800 OVC005 13/13 Q1013=

TAF EETN 010530Z 0106/0206 09010KT 7000 BKN007 OVC025 PROB40
TEMPO 0109/0111 0900 FG OVC006 TEMPO 0111/0115 OVC004 BECMG
0115/0117 BKN015 BECMG 0118/0120 SCT020 PROB40 TEMPO 0202/0206
1000 BR BKN003=

TAF EEEI 010530Z 0106/0206 10013KT 9999 BKN014 TEMPO 0106/0109
BKN008 PROB40 TEMPO 0109/0112 1000 BKN005 TEMPO 0110/0120 BKN020
BECMG 0119/0121 SCT015=

TAF EFHK 010531Z 0106/0206 08010KT 5000 BKN004 TEMPO 0106/0107 8000 BKN005
BECMG 0107/0109 1000 BKN004 TEMPO 0110/0117 0600 SCT006 PROB30 TEMPO
0117/0201 4000 BR BECMG 0201/0203 FEW010=

Lisa 5. Küsimustik

Jaotis 1/8

Kopteripilootide oskused ja teadmised instrumentaallennu tingimustesse sattumisest Eesti erapilootide näitel

Tere tulemast Eesti Lennuakadeemia õhusõiduki juhtimise eriala tudengi uuringu "Kopteripilootide oskused ja teadmised instrumentaallennu tingimustesse sattumisest Eesti erapilootide näitel" küsimustiku osasse!

Uuring koosneb kokku kolmest osast ning siin täidetav küsimustik on neist viimane. Küsimustiku täitmise aeg sõltub vastamise kiirusest, kuid jääb üldiselt 15-20 minuti kanti. Oluline on vastata ausalt, oma teadmistest ja kogemustest lähtuvalt. Küsimustik on anonüümne ning vastustele on ligipääs vaid uuringu läbiviijal, juhendajal ja konsultandil. Kolmandatele isikutele küsimustiku vastuseid ei jagata.

Palun küsimustiku osade vahel mitte edasi-tagasi liikuda ehk kui üks osa on täidetud, siis seda enam mitte muuta.

Esimene küsimustiku osa koosneb taustaküsimustest.

Lugupidamisega

Susanna Kukke

PIL-21, õhusõiduki juhtimine, kopteri eriala

1. Sugu
   - ○ Mees
   - ○ Naine
   - ○ Muu..

2. Vanus
   - ○ …-19
   - ○ 20-29
   - ○ 30-39
   - ○ 40-49

○ 50-59

○ 60-69

○ 70+

3. Haridus

   ○ Põhiharidus

   ○ Keskharidus

   ○ Kutseharidus

   ○ Kõrghardus

   ○ Muu..

4. Lennutundide arv

   **kui täpset arvu ei tea, siis palun hinnata umbkaudselt*

   _____

5. Lennutundide arv viimase kolme kuu jooksul

   **kui täpset arvu ei tea, siis palun hinnata umbkaudselt*

   _____

6. Mis on Teie lennundusloa liik?

   ☐ PPL(H)

   ☐ CPL(H)

   ☐ CPL(H) + frozen ATPL(H)

   ☐ PPL(A)

   ☐ CPL(A)

   ☐ CPL(A) + frozen ATPL(A)

   ☐ IR(A)

   ☐ IR(H)

   ☐ Muu..

7. Millises lennukoolis läbisite oma lennuõppe?

   **kui olete koolitust läbinud mitmes asutuses, siis märkige need kõik*

   ☐ Eesti Lennuakadeemia

   ☐ Piloodikool OÜ

   ☐ Nordic Aviation Academy OÜ

   ☐ AS Pakker Avio

   ☐ PhoenixAviation OÜ

   ☐ Muu..

8. Mis tüüpi õhusõiduki (õhusõidukite) tüübipädevust Te omate?

   ☐ Robinson R22

   ☐ Robinson R44

   ☐ Robinson R66

   ☐ Eurocopter EC120

   ☐ Eurocopter EC130

   ☐ Bell 206

   ☐ Bell 505

   ☐ Enstrom 280FX

   ☐ Enstrom 480B

   ☐ Ühe kolbmootoriga lennuk

   ☐ Mitme kolbmootoriga lennuk

   ☐ Turbiinmootori(te)ga lennuk

   ☐ Muu..

Jaotis 2/8

Järgnevas küsimustiku osas palun, et hindaksite oma teadmisi skaalal 1-5. Küsimustele palun vastata ausalt.

1 - Väga halb
2 - Halb
3 - Keskmine
4 - Hea
5 - Väga hea

Küsimustik on anonüümne ning vastustele on ligipääs vaid uuringu läbiviijal, juhendajal ja konsultandil. Kolmandatele isikutele küsimustiku vastuseid ei jagata.

Lühendid:

VFR - *visual flight rules* (visuaallennureeglid)
IMC - *instrument meteorological conditions* (instrumentaallennu tingimused)

9. Kuidas hindate oma üldiseid teadmisi visuaallennureeglitest?

	1	2	3	4	5	
Väga halvad	○	○	○	○	○	Väga head

10. Kuidas hindate oma teadmisi miinimum lennukõrgustest VFR lennu ajal?

	1	2	3	4	5	
Väga halvad	○	○	○	○	○	Väga head

11. Kuidas hindate oma teadmisi minimaalsest kaugusest pilvedest erinevates õhuruumides VFR lennu ajal?

	1	2	3	4	5	
Väga halvad	○	○	○	○	○	Väga head

12. Kuidas hindate oma teadmisi IMC-st väljumisest peale sinna VFR lennu ajal sattumist?

	1	2	3	4	5	
Väga halvad	○	○	○	○	○	Väga head

13. Kuidas hindate oma teadmisi IMC-s tekkivatest illusioonidest?

	1	2	3	4	5	
Väga halvad	○	○	○	○	○	Väga head

14. Kuidas hindate lennukoolis saadud teoreetilist õpet IMC-sse sattumisest, sealt väljumisest ja kõigist kaasnevatest ohtudest?

	1	2	3	4	5	
Väga halvad	○	○	○	○	○	Väga head

15. Palun kommenteerige eelmist vastust

    **näiteks mis aine raames IMC-sse sattumist õpetati ning mida räägiti*

    _____

16. Kuidas hindate lennukoolis saadud praktilist õpet IMC-sse sattumisest ja sealt väljumisest?

	1	2	3	4	5	
Väga halvad	○	○	○	○	○	Väga head

17. Palun kommenteerige eelmist vastust

    **kas ja mis harjutusi läbi tegite?*

    _____

Jaotis 3/8

Järgnevas küsimustiku osas tuleb vastata neljale teooriaküsimusele. Palun vastata ausalt ning kui vastust ei tea, siis kirjuta "Ei tea".

Küsimustik on anonüümne ning vastustele on ligipääs vaid uuringu läbiviijal, juhendajal ja konsultandil. Kolmandatele isikutele küsimustiku vastuseid ei jagata.

18. Milline on minimaalne lennukõrgus VFR lennu ajal?

    (Minimum safe altitude - MSA)

    _____

19. Milline on minimaalne kaugus pilvedest VFR lennu ajal?

    _____

20. Millised illusioonid võivad IMC-sse sattudes tekkida?

    _____

21. Kuidas väljuda IMC-st peale sinna VFR lennu ajal sattumist?

    _____

Jaotis 4/8

Järgnevas küsimustiku osas peate kirjeldama enda kogemust. Palun küsimustele vastata ausalt.

Küsimustik on anonüümne ning vastustele on ligipääs vaid uuringu läbiviijal, juhendajal ja konsultandil. Kolmandatele isikutele küsimustiku vastuseid ei jagata.

22. Kas olete kunagi tahtlikult või tahtmatult VFR lennureegleid rikkunud?
    **kõrgus maapinnast, nähtavus, kaugus takistustest ja pilvedest jne*
    ○ Jah (suunab küsimus 23 juurde)
    ○ Ei (suunab küsimus 24 juurde)

Jaotis 5/8

Järgnevas küsimustiku osas peate kirjeldama enda kogemust. Palun küsimustele vastata ausalt.

Küsimustik on anonüümne ning vastustele on ligipääs vaid uuringu läbiviijal, juhendajal ja konsultandil. Kolmandatele isikutele küsimustiku vastuseid ei jagata.

23. Kirjeldage, kuidas olete VFR lennureegleid rikkunud
    **kõrgus maapinnast, nähtavus, kaugus takistustest ja pilvedest jne*
    _____

Jaotis 6/8

Järgnevas küsimustiku osas peate kirjeldama enda kogemust. Palun küsimustele vastata ausalt.

Küsimustik on anonüümne ning vastustele on ligipääs vaid uuringu läbiviijal, juhendajal ja konsultandil. Kolmandatele isikutele küsimustiku vastuseid ei jagata.

24. Kas olete kunagi tahtlikult või tahtmatult VFR lennu ajal IMC-sse sattunud?
    ○ Jah (suunab küsimus 25 juurde)
    ○ Ei (suunab küsimus 26 juurde)

Jaotis 7/8

Järgnevas küsimustiku osas peate kirjeldama enda kogemust. Palun küsimustele vastata ausalt.

Küsimustik on anonüümne ning vastustele on ligipääs vaid uuringu läbiviijal, juhendajal ja konsultandil. Kolmandatele isikutele küsimustiku vastuseid ei jagata.

25. Kirjeldage, miks ja kuidas sattusite IMC-sse ning mis manöövreid tegite, et sealt välja tulla

    _____

Jaotis 8/8

Palun vastata ausalt. Küsimustik on anonüümne ning vastustele on ligipääs vaid uuringu läbiviijal, juhendajal ja konsultandil. Kolmandatele isikutele küsimustiku vastuseid ei jagata.

26. Kas oleksite päris situatsioonis eksperimendi tingimustele sarnaste ilmastikutingimustega VFR lennuna lendama läinud?
    ○ Jah
    ○ Ei

27. Soovi korral võite siia küsimustiku ja/või eksperimendi kohta kommentaare lisada

    _____

Lisa 6. Nõusolekuleht

Nõusolekuleht

Nõusolekuleht osalemaks Susanna Kukke Eesti Lennuakadeemia õhusõiduki juhtimise erialal tehtava lõputöö uuringus. Lõputöö juhendaja on Jaan Annus ja konsultant Nele Põldver.

Kui nõustute uuringus osalemisega, palutakse teil teha järgmist:

1. Lend kopterisimulaatoris (FNTP II) punktist A punkti B
2. Harjutus kopterisimulaatoris (FNTP II), mille juhend antakse peale esimese osa täitmist
3. Küsimustik erialase taustinfo kogumiseks, oma teadmiste ja oskuste hindamiseks ning varasema kogemuse kirjeldamiseks

Eksperimenti filmitakse alates esimese osa algusest kuni teise osa lõpuni. Salvestust kasutatakse vaid ajaskaala kokku viimiseks ja lennuparameetrite kontrollimiseks. Salvestusele ei jää peale osaleja nägu ning sellele on ligipääs vaid uurimuse läbiviijal, juhendajal ja konsultandil.

Osalemine uuringus on vabatahtlik ning võite katse jooksul iga hetk keelduda eksperimendiga jätkamisest. Kogu Teie esitatud teave jääb anonüümseks ning Teie nime ei seostata tulemuste ega küsimustiku vastustega. Teavet, mis võimaldaks Teid või mõnda muud osaleja tuvastada, ei lisata mitte ühtegi arutellu ega teksti. Andmed on kättesaadavad ainult uurimusega tegelevatele isikutele ehk uurimuse läbiviijale, juhendajale ja konsultandile.

Eksperiment võtab aega umbes poolteist tundi. Kui katse on lõppenud, esitatakse Teile soovi korral eksperimendi tulemused ning võite küsida täpsustavaid küsimusi.

Kui teil tekib hiljem uuringu kohta lisaküsimusi võite võtta ühendust: susanna.kukke@eava.ee, +372 5829 5747.

Oma allkirjaga kinnitate, et olete nõus uuringus osalemisega ning olete teadlikud, et võite katse iga hetk pooleli jätta.

_____ _____

Osaleja nimi ja allkiri Läbiviija nimi ja allkiri

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Kuupäev digiallkirjas

Mina, **Susanna Kukke**, annan Eesti Lennuakadeemiale tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

EESTI KOPTERI ERAPILOOTIDE OSKUSED JA TEADMISED VISUAALLENNUREEGLITEST JA INSTRUMENTAALLENNU TINGIMUSTESSE SATTUMISEST

mille juhendaja on Jaan Annus,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi Eesti Lennuakadeemia Raamatukogu Rikswebis lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. Eesti Lennuakadeemia Raamatukogu registreeritud kasutajatele kättesaadavaks tegemiseks Eesti Lennuakadeemia Raamatukogu Rikswebis veebikeskkonna kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

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

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

/allkirjastatud digitaalselt/

Autor: Susanna Kukke