

AVIACIJAI PAVOJINGŲ METEOROLOGINIŲ REIŠKINIŲ IR ELEMENTŲ PASISKIRSTYMAS LIETUVOS TARPTAUTINIŲ ORO UOSTŲ AERODROMUOSE IR JŲ POVEIKIS SKRYDŽIAMS

Daniil Borkovskij

VG TU AGAI Aviacinių technologijų katedra

El. p. d.borkovskij@gmail.com

Santrauka. Planuojant skrydžius svarbu įvertinti meteorologines sąlygas aerodromuose ir teritorijose, kuriuose planuojami skrydžiai. Aviakompanijoms siekiant parengti skrydžių tvarkaraščius svarbų žinoti, kokie pavojingi yra meteorologiniai reiškiniai ir elementai, būdingi tam tikrai planuojamai skraidymams teritorijai tam tikru laiku. Tam, kad būtų išanalizuoti skirtingose aerodromuose būdingi meteorologiniai reiškiniai ir elementų pasiskirstymas, buvo pasinaudota per penkerių metų surinkta METAR aerodromų informacija. Išanalizuota informacija pateikta grafiškai paros, mėnesio bei sezono laikotarpiuose.

Reikšminiai žodžiai: rūkas, debesuotumas, KTT matomumas, perkūnijos, šoninis vėjas.

1. Įvadas

Klimatas yra daugiametės orų sąlygos ir jų pokyčiai, būdingi konkrečiai vietai, tai – orų kompleksų visuma. Jis atspindi ne tik kelių dienų, bet ir daugelio metų orus. Klimatas apima orų visumą: galimų ir buvusių tam tikroje vietoje per labai ilgą laiką. Klimatas rodo tipišką orų kaitą, paros ir metinius svyravimus (Galvonaitė ir kt. 2007).

Aviakompanijoms planuojant naujus skrydžius tam tikrose teritorijose labai svarbu žinoti, koks klimatas ir meteorologiniai reiškiniai būdingi tam tikrai vietai, ypač aerodromuose, kuriuose planuojami skrydžiai. Pagal ICAO reikalavimus, kiekviena šalis narė privalo pateikti meteorologinę informaciją kiekvieno tarptautinio oro uosto aerodromui. Analizuojant per kelerius metus surinktą informaciją, galima apibūdinti ir prognozuoti aviacijai pavojingų meteorologinių reiškinių pasikartojimą ir tikimybę tokiems reiškiniams pasikartoti.

Pagrindinis meteorologijos uždavinys yra atmosferos būklės apibūdinimas ir jos prognozė ateičiai. Siekiant išspręsti šį uždavinį, būtina: 1) gauti tikslūs duomenis, charakterizuojančius atmosferos procesus bei reiškinius; 2) nustatyti atmosferos procesų bei reiškinių vystymosi dėsningumus; 3) panaudoti rastus dėsningumus orams prognozuoti (Rimkus 2011).

Lietuvos Respublikos aviacijos įstatymas 2000 m. spalio 17 d. Nr. VIII-2066 reglamentuoja meteorologijos paslaugų teikimo tvarką ir sąlygas, kurias rengia Civilinės aviacijos administracija (toliau – CAA) su Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos.

Lietuvos Respublika yra Tarptautinės CAA organizacijos ICAO (angl. – *International Civil Aviation Organisation*) narė, todėl Lietuvos Respublikos teisės aktai, reglamentuojantys meteorologinių paslaugų teikimo sąlygas, turi atitikti ICAO reikalavimus, standartus bei rekomenduojamas praktikas.

Aviacijos klimatologinė informacija, reikalinga skrydžiams planuoti rengiama aerodromo klimatologinių lentelių ir aerodromo klimatologinių suvestinių pavidalu,

kuriuose aviacinė klimatologinė informacija pagrįsta ne mažiau kaip penkerių metų stebėjimais (Pasaulinė... 2010). Ši informacija yra būtina siekiant užtikrinti saugią tarptautinę oro navigaciją.

Tyrime panaudoti duomenys, kuriuose aprašyti meteorologiniai reiškiniai ir elementai, turintys neigiamą poveikį aviacijos saugumui. Surinktos Lietuvos tarptautinių oro uostų klimatologinės suvestinės ir lentelės atitinka Pasaulinės meteorologinės organizacijos (toliau – PMO; angl. – *World Meteorological Organization*, WMO) keliamus reikalavimus, kurie pateikti ICAO ANNEX 3, 8 skyriuje (2010) ir WMO-Nr. 49 Techninio reglamento C.3.2 skyriuje (Meteorological... 2010).

2. Skrydžiams pavojingi reiškiniai

Svarbiausi meteorologiniai reiškiniai ir elementai, turintys įtakos saugiam ir efektyviam tarptautinės oro navigacijos reikalavimų vykdymui, yra matomumas, vėjo kryptis ir greitis, debesų pado aukštis bei ypatingos sąlygos (perkūnijos, apledėjimas, stiprus šoniniai vėjai ir kt.).

Vėjas – oro masių judėjimas žemės paviršiaus atžvilgiu, tai yra viena svarbiausių klimato charakteristikų, veikianti oro sumaišymą, oro masių pernešimą, šilumos, drėgmės ir energijos pasiskirstymą tarp paklotinio paviršiaus ir atmosferos. Orlaivio kilimo ir tūpimo charakteristikos priklauso nuo fizinio atmosferos būvio. Didžiausią poveikį turi vėjo greitis ir kryptis. Vėjo greičio įtaka – tai, kad orlaivis turi kilti ir tūpti prieš vėją, nes sumažėja atsiplėšimo ir tūpimo greitis, sumažėja išibėgėjimo ir tūpimo ilgis. Pavėjui riedėjimo kelias pailgėja ir būna labai sunku orlaivį suvaldyti.

Matomumo pablogėjimas dažniausiai sėjamas su rūkų arba rūkana. Rūkų vadinama ore esančių vandens lašelių arba ledo kristalų visuma, dėl kurios matomumo nuotolis tampa mažesnis nei 1 km. Kai matomumas būna nuo 1 iki 10 km, ši vandens lašelių ir ledo kristalų visuma vadinama rūkana. Matomumas užtikrina orlaivių įgulos vizualų kontaktą su kilimo tūpimo takų (toliau – KTT), suteikia informacijos apie šalia skrendančius orlaivius,

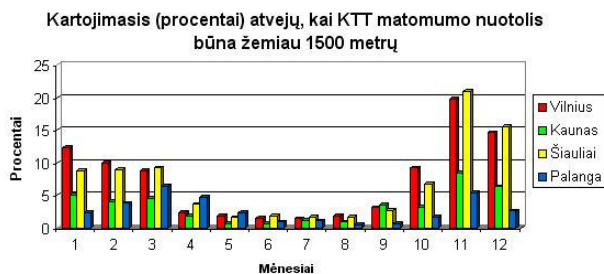
riedant užtikrina vizualų kontaktą su kitais orlaiviais, perone dirbančiais automobiliais ir žmonėmis, užtikrina aviacijos saugumą. Perkūnijoms priskiriamas toks kompleksinis atmosferos reiškiny, kurį lydi daugkartinės elektros iškravos (žaibai), gausūs krituliai, kruša, vėjo greičio sustiprėjimas, kai kada išaugantis iki audros lygio. Todėl perkūnijos yra gana pavojingas meteorologinis reiškiny.

3. KTT matomumo pablogėjimas

Dabartiniu metu yra atliekami įvairių meteorologinių dydžių matavimai, reiškinių stebėjimai, teikiantys įvairiausišką informaciją apie orą būklę tam tikru laiko momentu.

Matomumas aerodrome yra viena svarbiausių informacijų, kurią gauną orlaivių įgulos nariai artėjant tūpti ir tūpimams. KTT matomumo nuotolis yra matuojamas ir pateikiamas METAR pranešimose, kai KTT matomumas sumažėja iki 1500 metrų.

Naudojantis automatizuotos matavimo įrangos KTT matomumo (angl. – *Runway Visual Range*, RVR) rodmenimis, per penkerius metus (2007–2011) sudarytas grafikas (1 pav.), kuris rodo procentinį matomumo santykį Lietuvos tarptautinių oro uostų aerodromuose, kai KTT matomumas per 12 mėnesių buvo užfiksuotas žemiau 1500 metrų, bet didesnis už 550 metrų; tai atitinka ICAO ILS (angl. – *Instrument Landing System*, ILS) CAT I kategorijos reikalavimus tūpimams; 2 paveikslu grafike matyti procentinis matomumo santykis Lietuvos tarptautinių oro uostų aerodromuose, kai KTT matomumas per 12 mėnesių buvo užfiksuotas žemiau 550 metrų, bet didesnis už 350 metrų – tai atitinka ICAO ILS CAT II kategorijos reikalavimus tūpimams.



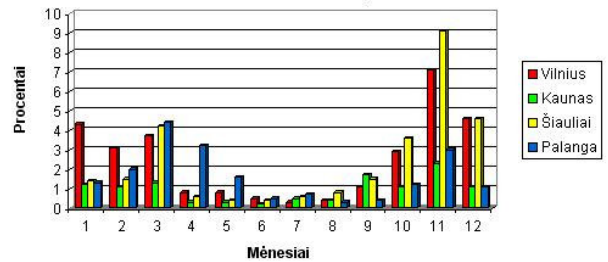
1 pav. Kartojimasis atvejų, kai KTT matomumo nuotolis būna žemiau 1500 metrų %

Fig. 1. Repetition (percentage) of cases when RVR is below 1500 meters

Iš 3-6 paveiksluose pateiktų grafikų matyti stipresnio matomumo pablogėjimo tendencija Vilniaus ir Šiaulių aerodromuose lapkričio, gruodžio, sausio, vasario ir kovo mėnesiais.

Galima išskirti Palangos aerodromą, kuriame per penkerius metus kovo ir balandžio mėnesiais matomumas pablogėdavo dažniau.

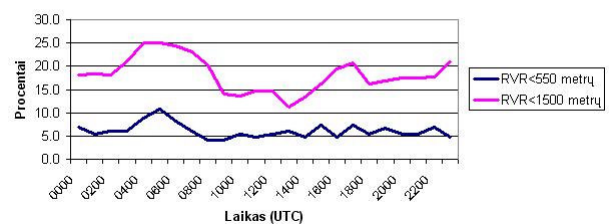
Kartojimasis (procentai) atvejų, kai KTT matomumo nuotolis būna žemiau 550 metrų



2 pav. Kartojimasis atvejų, kai KTT matomumo nuotolis būna žemiau 550 metrų %

Fig. 2. Repetition (percentage) of cases when RVR is below 550 meters

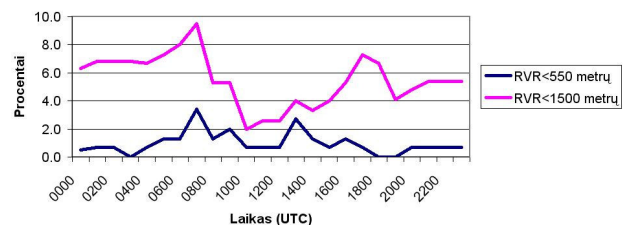
Vilnius KTT matomumas lapkričio mėnesiais (2007 - 2011 metais)



3 pav. Vilniaus aerodromo KTT matomumas (2007–2011) lapkričio mėnesiais

Fig. 3. RVR in Vilnius aerodrome (2007–2011) in November

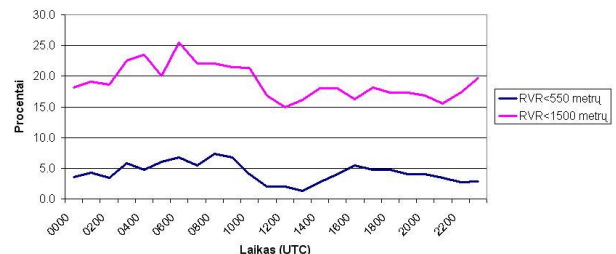
Kauno KTT matomumas lapkričio mėnesiais (2007 - 2011 metais)



4 pav. Kauno aerodromo KTT matomumas (2007–2011) lapkričio mėnesiais

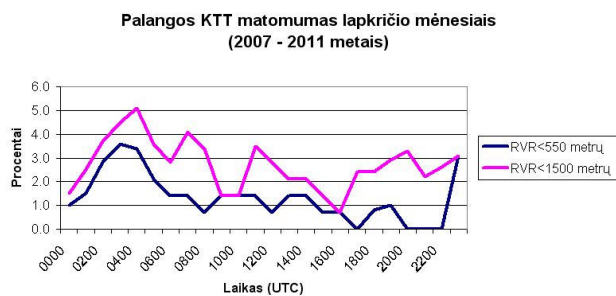
Fig. 4. RVR in Kaunas aerodrome (2007–2011) in November

Šiaulių KTT matomumas lapkričio mėnesiais (2007 - 2011 metais)



5 pav. Šiaulių aerodromo KTT matomumas (2007–2011) lapkričio mėnesiais

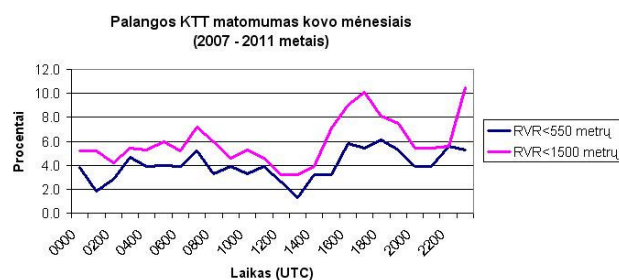
Fig. 5. RVR in Šiauliai aerodrome (2007–2011) in November



6 pav. Palangos aerodromo KTT matomumas (2007–2011) gruodžio mėnesiais

Fig. 6. RVR in Palanga aerodrome (2007–2011) in December

Kaip matyti 3–6 paveiksluose, dažniausiai KTT matomumas sumažėja nuo 03:00 iki 09:00 val. UTC laiku. Tai galima susieti su rūkais ir rūkana. Taip pat reikia pabrėžti, kad skirtingose aerodromuose matomumo pablogėjimo procentinis santykis, priklausomai nuo paros laiko, skiriasi ir tai siejama su kiekvieno aerodromo mikroklimatinėmis savybėmis. Kaip matyti, gruodžio mėn. visuose aerodromuose buvo didesnė matomumo pablogėjimo tendencija, o Palangos aerodromo matomumo pablogėjimas neviršijo net 5% (04:00 val. UTC laiku), užtat kovo mėn. Palangos aerodrome matomumo pablogėjimo rodiklis buvo daugiau nei 10% (18:00 val. UTC laiku) (7 pav.).



7 pav. Palangos aerodromo KTT matomumas (2007–2011) kovo mėnesiais

Fig. 7. RVR in Palanga aerodrome (2007–2011) in March

4. Rūkai

Priklausomai nuo oro atvėsimo laipsnio, rūkai yra skirstomi į *radiacinius*, *advekcinius*, *advekcinius-radiacinius* ir *šlaitų*.

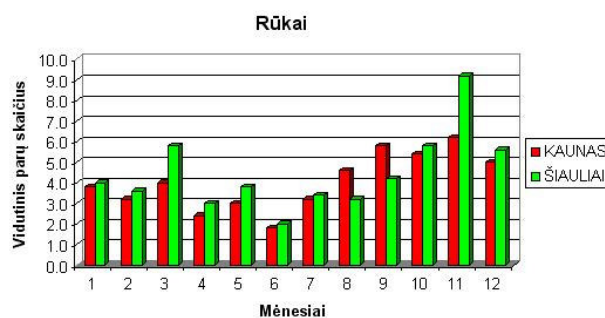
Radiaciniai rūkai susidaro giedromis ramiomis naktimis, atvėsus žemės paviršiui ir pažemio orui bei susidarius temperatūros inversijai. Idealios sąlygos šiems rūkams susidaryti yra: a) giedras oras arba neištisinis viršutinio ar vidurinio aukšto debesuotumas; b) pakankamas santykinis oro drėgnumas. Kuo jis didesnis, tuo mažiau reikia orui atvėsti iki rasos taško; c) silpnas priežemio vėjas (vėjo greitis 1–3 m/s). Jeigu vėjas stiprus, padidėja turbulencinis oro maišymasis ir rūkas nesusidaro.

Advekciniai rūkai susidaro atvėsus šiltam ir drėgnam orui, kai šis slenka virš šaltesnio paklotinio paviršiaus. Jie būdingi šaltajam metų laikui. Skirtingai nuo radiacinių, advekciniai rūkai gali susidaryti ir esant didesniai vėjo greičiui (4–8 m/s, kartais net iki 12–15 m/s) bet kuriuo paros metu.

Šlaitų rūkai susidaro orui kylant priešvėjiniams aukštumų šlaitais: oras adiabiatiškai atvėsta ir vandens garai pradeda kondensuotis.

Advekciniai-radiaciniai rūkai susidaro veikiami dviejų faktorių: slenkant šiltoms oro masėms virš šalto paklotinio paviršiaus ir dėl radiacinio atvėsimo. Tai būna tais atvejais, kai atslenkančios oro masės yra nedaug šiltesnės už paklotinį paviršių.

8 paveiksle pateiktas rūkų susidarymo grafikas Kauno ir Šiaulių aerodromuose, kuriame matyti rūkų susidarymo tendencija visais mėnesiais metų bėgyje. Kauno aerodrome rugsėjo, spalio, lapkričio mėnesiais rūkų vidutinis parų skaičius viršijo 5 paras, Šiaulių aerodrome rūkų vidutinis parų skaičius taip pat viršijo 5 paras, bet kovo, spalio, lapkričio ir gruodžio mėnesiais.



8 pav. Rūkų susidarymo vidutinis parų skaičius Kauno ir Šiaulių aerodrome (2007–2011)

Fig. 8. Mean amount of days with fog in Kaunas and Šiauliai aerodromes (2007–2011)

5. Perkūnijos

Vidutinių platumų juostoje, kurioje yra ir Lietuva, vyrauja perkūnijų kartojimasis ir yra susijęs su ciklonais ir frontinėmis sistemomis. Frontinės perkūnijos dažniausiai formuojasi šaltuosiuose gilių ciklonų frontuose, kai vyksta intensyvi oro srautų konvergencija ir galinga konvekcija (70) ir tik apie 30 frontinių perkūnijų susidaro šiltuosiuose frontuose (Galvonaitė ir kt. 2007).

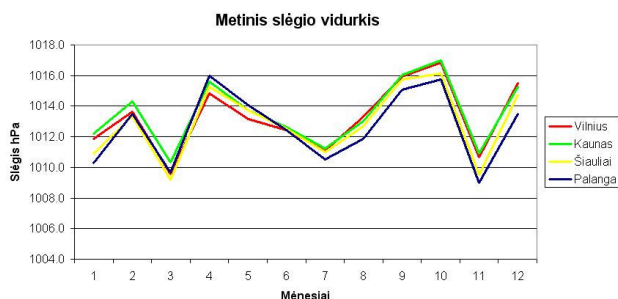
Kaip matyti 9 paveiksle, perkūnijos Vilniaus aerodrome prasideda balandžio mėn., o Palangos aerodrome – gegužės mėn. Taip pat galima pastebėti, kad perkūnijų sezonas Palangos aerodrome trunka vienu mėnesiu ilgiau nei Vilniaus aerodrome.



9 pav. Perkūnijų trukmė paromis skirtingais mėnesiais Vilniaus ir Palangos aerodromuose (2007–2011 metais)

Fig. 9. Amount of thunderstorms in days in Vilnius and Palanga aerodromes (2007–2011)

Perkūnijų trukmė nuo pavasario pabaigos iki rudenio pradžios yra susieta su šalto fronto sistemomis ir žemo slėgio sritimis. 10 paveiksle pateiktas metinis slėgio kitimo grafikas visuose Lietuvos tarptautiniuose aerodromuose, kuriame matyti, kad būtent žemas slėgis liepos ir rugpjūčio mėnesiais pasiekia savo minimumą ir trunka gan ilgai. Tuo pačių metų stebima daugiausia perkūnijų (10 pav.).



10 pav. Metinis QNH slėgio vidurkis Lietuvos tarptautiniuose aerodromuose (2007–2011)

Fig. 10. Mean QNH pressure in Lithuanian International aerodromes (2007–2011)

6. Vėjas

Lietuvoje beveik visus metus vyrauja pietų krypties vėjai, tik pavasario pabaigoje ir vasarą pagausėja vakarinių ir šiaurės vakarinių krypties vėjų (Galvonaitė ir kt. 2007).

Vėjo greitis turi labai ryškią paros ir metinę eigą. Vasara silpniausi vėjai pučia naktį ir paryčiui, o smarkiausi – po pietų, apie 14–15 val. Tokį nevienodą vėjo greitį per parą nulemia oro masių turbulencija, sustiprėjanti dieną, saulei stipriau išildžius žemę. Dėl nevienodo žemės paviršiaus ir atmosferos išilimo sustiprėja žemėneigiai ir aukštyneigiai srautai. Šiltesni ir retesnio oro srautai kyla į viršų, o šaltesnis ir tankesnis oras leidžiasi žemyn. Toks oro maišymasis vyksta tuo intensyviau, kuo greičiau oro temperatūra krinta didėjant aukščiui, t. y. kuo didesnis vertikalus temperatūros gradientas, tuo didesnė terminė turbulencija.

Nuo turbulencijos atsiranda vėjo gūsiai – tai staigus vėjo greičio padidėjimas, kuris trunka tik keletą sekundžių. Ypač stiprūs gūsiai virsta škvaliniu vėju. Škvalas – staigus vėjo greičio padidėjimas iki 8 m/s ir daugiau per trumpą laiką (<2 min.). Tai dažniausiai būna susiję su kamuoliniais lietaus (Cb) debesimis ir praeinant šaltam frontui (Galvonaitė ir kt. 2007).

Gana gerai išreikšta vėjo greičio metinė eiga. Smarkūs vėjai dažniausiai pasitaiko rudens – žiemos mėnesiais, daugiausia – pirmoje dienos pusėje, pučiant vakarinių krypties vėjams (V, PV, VPV). Tokių vėjų trukmė – apie 1–5 valandas.

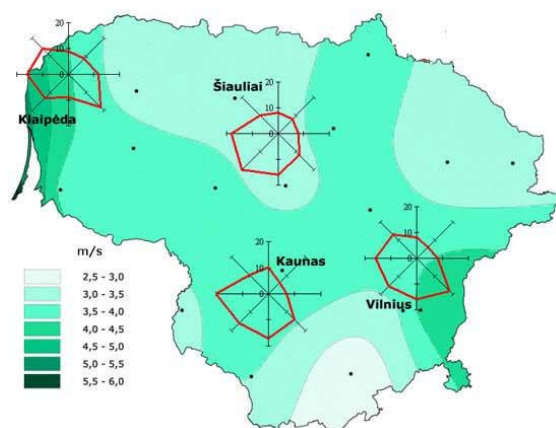
Rudenį vėjo greitis stiprėja kiekvieną mėnesį: rugsėjo mėnesį vidutinis greitis yra 4,5–5,0 m/s, o lapkričio – 3,5–6,5 m/s. Skirtumai tarp pajūrio ir rytinių šalies rajonų yra apie 2 m/s. Žiemą vėjo greitis didėja lėtai: pajūryje vidutinis vėjo greitis siekia 5,5–8,0 m/s, o rytiniuose rajonuose – 5,0–5,5 m/s. Skirtumas – apie 2,5–3,0 m/s.

Pavasarių vėjo greitis mažėja: pajūryje vidutinis vėjo greitis svyruoja nuo 5,0–5,5 iki 4,5–5,0 m/s, o kitur – nuo

4,0 iki 3,5 m/s, vasarą pajūryje – 4,0–5,0 m/s, rytinėje dalyje – 2,5–4,0 m/s.

Didelį poveikį vėjo režimui turi paklotinio paviršiaus šiurkštumas – smarkiausi vėjai pučia virš lygaus paviršiaus, kuris turi mažiausią pasipriešinimą – didelių vandens telkinių, atvirų jūrų ir ežerų, lygumose, žiemą virš apsnigtos žemės, kai sniegas išlygina paviršiaus nelygumus. Daug silpnesni vėjai pučia virš šiurkštesnio paviršiaus: miško ir sudėtingos orografijos vietovių (Galvonaitė ir kt. 2007).

Lietuva – palyginti silpnų ir vidutinių vėjų šalis ir nors teritorija nėra didelė, vis dėlto vėjo greičio skirtumai yra juntami. Lietuvoje visais metų laikais stipriausi vėjai pučia pajūryje ir Kuršių nerijoje, o silpniausi – pietryčių smėlingoje lygumoje (11 pav.).

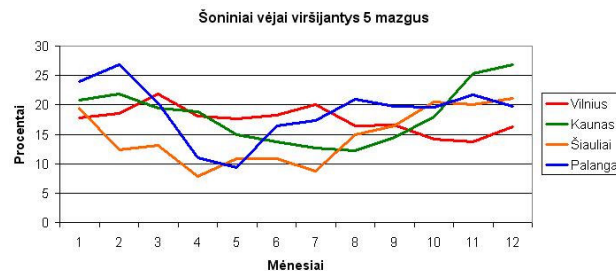


11 pav. Vidutinis metinis vėjo greitis ir vyraujančios vėjo kryptys

Fig. 11. Mean annual wind speed and prevailing wind directions

Dėl vėjo krypties orlaivio kilimas ir tūpimas (šoninis vėjas) tampa sudėtingesni. Orlaiviui kylant, kai pučia šoninis vėjas, susiformuoja papildoma aerodinaminė jėga; tupiant išskyla dar daugiau sunkumų atsiradus šoninėms dedamosioms. Pagrindinis sunkumas – tai piloto kova su nuonaša ir netikslus vėjo paskaičiavimas, kuris turi didelės įtakos nusileidimo tikslumui. Kiekvienam orlaiviui yra numatoma ribinė vėjo greičio šoninė dedamoji.

Visi orlaiviai yra apribuoti maksimalių šoninių vėjų, kuriems pučiant leidžiama tūpti. Įgulos nariai, ruošdamiesi skrydžiui, privalo susipažinti su METAR pranešimais ir TAF prognozėmis tam, kad užtikrintų saugų artėjimą tūpimui ir tūpimą (12 pav.).



12 pav. Šoniniai KTT vėjai, viršijantys 5 mazgus Lietuvos aerodromuose

Fig. 12. Crosswind greater than 5 knots in Lithuanian aerodromes

12 paveiksle parodyta galimybė patirti šoninį vėją, kuris viršija 5-ių mazgų greitį. Kaip matyti, vasaros ir žiemos metu Palangoje dažniausiai pasitaiko šoniniai vėjai būtent dėl brizinių vėjų, kadangi žiemos ir vasaros metų dieninis temperatūros skirtumas pasiekia savo didžiausias reikšmes.

7. Išvados

Dėl pablogėjusio matomumo Lietuvos tarptautinių oro uostų aerodromuose labiausiai pavojinga artėjimui tūpti ir tūpimams yra lapkričio–kovo mėnesiai. Labiausiai pablogėjusį matomumą dar pablogina rūkai ir rūkanos.

Dėl frontinių perkūnijų, dažniausiai besiformuojančių šaltuosiuose gilių ciklonų frontuose, kai vyksta intensyvi oro srautų konvergencija ir galinga konvekcija, Lietuvos aerodromuose susidaro pavojingos sąlygos balandžio–spalio mėnesiai.

Lietuvoje gana gerai išreikšta vėjo greičio metinė eiga. Smarkūs vėjai dažniausiai pasitaiko rudens–žiemos mėnesiai, pirmoje dienos pusėje, pučiant vakarinių kryptių vėjams (V, PV, VPV). Tokių vėjų trukmė – apie 1–5 val. Rudenį vėjo greitis stiprėja kiekvieną mėnesį, pavasarį vėjo greitis mažėja.

Visi Lietuvos aerodromuose įrengti KTT patiria vidutiniškai 15% šoninių vėjų. Išskirti reikėtų Palangos aerodromą, kuriame dėl brizinių vėjų patiriama daugiau šoninių vėjų nei kituose aerodromuose vasaros ir žemos periodu. Kauno aerodrome įrengtas KTT patiria 26% šoninių vėjų lapkričio ir gruodžio mėnesiai. Mažiausiai šoniniai vėjai pučia Šiaulių aerodrome.

Literatūra

- Galvonaitė, A.; Misiūnienė, M.; Valiukas, D., *ir kt.* 2007. *Lietuvos klimatas*. Vilnius: ARX Baltica.
- Rimkus, E. 2011. *Meteorologijos įvadas*. Vilniaus universitetas.
- Meteorological service for International air navigation, in *ANNEX 3 to the Convention on International Civil Aviation*.
- Techninis reglamentas*. Pasaulinė meteorologijos organizacija. 2(49).

DISTRIBUTION OF DANGEROUS METEOROLOGICAL PHENOMENA AND THEIR EFFECTS AT AERODROMES OF INTERNATIONAL AIRPORTS OF LITHUANIA

D. Borkovskij

Summary

For all aerodromes and aircraft operational minima are set, so it is very important to analyze meteorological conditions for planning flights and preparing the timetables for flights of different companies. Meteorological data of Lithuanian aerodromes, based on METAR reports were used to estimate most common meteorological phenomena in this work. Distribution of meteorological phenomena and appropriate meteorological conditions is analyzed according to day and month period and in different seasons at different international aerodromes of Lithuania.

Keywords: RVR, reduced visibility, strong wind, crosswind, fog, thunderstorm.