

LIETUVOS RESPUBLIKOS ORO ERDVĖS REORGANIZAVIMAS

Vaidotas Kondroška¹, Jonas Stankūnas²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹vaidotas.kondroska@vgtu.lt; ²jonas.stankunas@vgtu.lt

Santrauka. Šiame straipsnyje pateikiami siūlymai, kaip galėtų būti reorganizuojama Lietuvos oro erdvė, užtikrinant reikiamą jos pralaidumą galimų skrydžių pikų metu ir optimalų oro eismo paslaugų teikimą.

Siekiant, kad gautus rezultatus būtų galima pritaikyti praktikoje, tyrimo metu naudoti realūs skrydžių duomenys, esamas oro kelių tinklas ir esamos skrydžių pokyčio tendencijos. Atliekant analizę buvo vertinami ir kiti veiksniai: skrydžių lygių užimtumas, skrydžių trukmė, naudojami orlaivių tipai ir skrydžių srautų pasiskirstymas.

Tikimasi, kad tyrimo rezultatai padės reorganizuoti Lietuvos oro erdvės struktūrą taip, kad ši sudarytų sąlygas efektyviai organizuoti oro navigacijos paslaugų teikimą ir užtikrintų reikiamą oro erdvės pralaidumą.

Reikšminiai žodžiai: oro erdvės modeliavimas, oro erdvės pralaidumas, skrydžių vadovų darbo krūvis.

Įvadas

Šiuo metu modernizuojama Europos oro eismo vadybos (toliau – OEV) sistema. Lietuvos Respublikos OEV yra sudėtinė Europos OEV dalis, todėl jai taikomos dauguma Europos OEV vykdomų ir planuojamų pertvarkų. Besikeičiantys skrydžių srautai, techninis oro navigacijos paslaugų aprūpinimas ir OEV reglamentuojantys teisės aktai reikalauja nuolat tobulinti Lietuvos oro eismo vadybos sistemą.

Prognozuojama, kad Europos regione iki 2015 m. skrydžių skaičius išsaugos apie 30 %, todėl esamo oro erdvės pralaidumo neužteks ir reikės gerinti vykdomų skrydžių efektyvumą ir tuo pat metu išlaikyti esamą skrydžių saugos lygį (EUROCONTROL 2008).

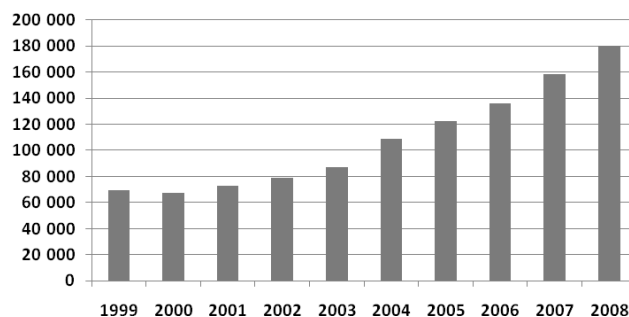
Per paskutinius ketverius metus skrydžių skaičius valdomojoje Lietuvos Respublikos oro erdvėje ženkliai didėjo. Didėjo ir tarptautinių tranzitinių, ir bendras skrydžių skaičius (1 pav.).

Pagal STATFOR ir EUROCONTROL prognozes tranzitinių skrydžių gausėjimas Lietuvos oro erdvėje bus spartesnis, palyginti su atskridimų ir išskridimų į / iš tarptautinių Lietuvos oro uostų skaičiaus didėjimu.

Pasaulinė krizė gali pakoreguoti optimistines trumpalaikes skrydžių skaičiaus augimo prognozes valdomoje Lietuvos Respublikos oro erdvėje, tačiau išlieka poreikis oro erdvės atsakomybės ribų paskirstymą tarp skrydžių valdymo centrų ir skrydžių valdymo sektorių organizuoti taip, kad vėl pradėjus didėti skrydžių skaičiui, saugios ir kokybiškos oro navigacijos paslaugos galėtų būtų suteiktos visiems oro erdvės naudotojams, nesudarant užlaikymų, kurių priežastys būtų susijusios su oro erdvės organizavimu (1 pav.).

Kadangi vienu metu oro erdvėje gali būti daug orlaivių, o vienas skrydžių vadovas nepajėgus juos visus suvaldyti, oro erdvė dalijama į tam tikrus skrydžių valdymo (toliau – SV) sektorius, kiekvienam iš jų priskiriant skrydžių vadovą (Delahaye *et al.* 1995). Dėl šios priežasties tikslus SV nustatymas ir oro erdvės paskirstymas tarp Lietuvos skrydžių valdymo centrų (toliau – SVC) yra vienas iš svarbiausių uždavinių, nes tai yra pagrindas organizuojant oro eismo paslaugų teikimą.

Oro erdvės ar SV pralaidumas priklauso ne tik nuo orlaivių skirsnivimo intervalų ir skrydžių valdymo sektoriaus geografinės konfigūracijos, bet paprastai jį lemia skrydžių vadovo darbo krūvio dydis (Little 2000). Todėl didinant oro erdvės pralaidumą svarbu įvertinti skrydžių vadovo darbui turinčius įtakos veiksnius, jų kaitą paros metu ir priklausomybę nuo metų laiko (Majumdar *et al.* 2004).



1 pav. Skrydžių dinamika valdomojoje Lietuvos Respublikos oro erdvėje

Fig. 1. Flight dynamics in the controlled airspace of the Republic of Lithuania

Skrydžių valdymo sektoriaus pralaidumas apibūdinamas kaip maksimalus orlaivių skaičius, kuriam konkrečiame SV sektoriuje per tam tikrą laiko intervalą skrydžių vadovas gali suteikti saugias ir efektyvias oro eismo paslaugas.

Siekiant tikslesnių rezultatų, įvertinant SV sektoriaus pralaidumą, papildomai įvertinama jos erdvinė geometrija ir laikini veiksniai, priklausantys nuo joje esančių orlaivių techninių charakteristikų (EUROCONTROL 1991).

Remiantis Europos praktika, oro erdvės (SV sektoriaus OEP oro erdvės), kurioje oro eismo paslaugos teikiamos tranzitiniams skrydžiams, pralaidumas yra nustatomas atsižvelgiant į skrydžių vadovo darbo krūvį, t. y. skrydžių vadovo protinio ir fizinio darbo kiekį, reikalingą valdyti jo SV OEP oro erdvėje esančius orlaivius (Majumdar *et al.* 2001).

Dėl šalies geografinės padėties ir sąlygiškai nedidelės teritorijos Lietuvos valdomojoje oro erdvėje dominuoja tarptautiniai tranzitiniai skrydžiai be nutūpimo Lietuvos Respublikos teritorijoje, t. y. skrydžiai, kurių maršrutas driekiasi per Lietuvos oro erdvę. Tokie skrydžiai Lietuvoje sudaro apie 75–80 % visų skrydžių. Pastutinius ketverius metus skrydžių skaičius valdomojoje Lietuvos Respublikos oro erdvėje sparčiai didėjo; skrydžių skaičiaus didėjimo tendencijos rodo, kad paros skrydžiai piko metu Vilniaus regiono SVC priklausančioje oro erdvėje greitu laiku pasieks maksimaliai leistiną ribą.

Jei ši oro erdvės pralaidumo riba būtų pasiekta, būtų pradėtos taikyti atitinkamos priemonės, t. y. skrydžių srautai, viršijantys leistiną oro erdvės pralaidumą, būtų nukreipiami kitais maršrutais, aplenkiant Lietuvos oro erdvę, tai šiems skrydžiams turėtų neigiamos įtakos jų efektyvumo prasme. Tai atlieka skrydžių srautų vadyba, kurios vienas iš uždavinių yra užtikrinti, kad skrydžių skaičius kiekviename SV sektoriuje neviršytų leistino ir taip pat nebūtų viršytas leistinas skrydžių vadovo darbo krūvis bei užtikrinta skrydžių sauga ir oro eismo paslaugų kokybė (Devasia *et al.* 2002).

Tyrimo metodika

Žvelgiant jau į netolimą ateitį, oro erdvės reorganizavimas, kaip vienas pagrindinių veiksnių, užtikrinančių reikiamą oro erdvės pralaidumą, yra be galo svarbus (Basu *et al.* 2008).

Pagrindinis šio tyrimo tikslas – įvertinti dabartinį Lietuvos oro erdvės (oro eismo paslaugų oro erdvės) modelį, išanalizuoti, kaip jį gali paveikti skrydžių srautų ir skrydžių vadovų darbo krūvio dinamika ir, remiantis

tyrimo rezultatais, pasiūlyti oro erdvės modelį ar modelius, gebančius užtikrinti reikiamą ilgalaikį Lietuvos oro erdvės pralaidumą.

Tam, kad siūlomas Lietuvos oro erdvės modelis būtų tinkamas, pirmiausia svarbu išanalizuoti ir rasti esamas ar galimas dabartinio oro erdvės modelio silpnąsias vietas, keliančias ar galinčias kelti sunkumų ateityje.

Kadangi skrydžių vadovo darbo krūvis literatūroje yra apibrėžiamas labai įvairiai, t. y. yra daugybė apibrėžimų, modelių ir apskaičiavimo būdų, kurių pagrindiniai veiksniai, turintys įtakos skrydžių vadovo darbo krūviui ir jo sudėtingumui, galėtų būti skirstomi į tris kategorijas: veiksniai, susijusius su oro erdve; skrydžių srautų veiksniai; operacinius veiksniai. Todėl planuojant restruktūrizuoti oro erdvę, reikia atsižvelgti į visus šiuos veiksniai.

Manoma, kad maksimalų SV sektoriaus pralaidumą lemia 70 % darbo laiko trukmė, susijusi su tiesioginiu skrydžių valdymu. Nustatant skrydžių valdymo sektoriaus pralaidumą orientuojamasi į 69–72 % skrydžių vadovų darbo krūvį.

Oro erdvės reorganizavimas užtikrintų oro erdvės vientisumą, t. y. nesudarant dirbtinio oro erdvės dalių skirstymo, kuriose atliekami tranzitiniai skrydžiai (*en-route airspace*), bei tarp oro erdvės dalių, kuriose atliekami tranzitiniai skrydžiai, ir aerodromo rajono oro erdvės (*terminal airspace*), (EUROCONTROL 2008).

Įvertinant skrydžių duomenų apimtį, tyrimo metu buvo apsibrėžta keliais skrydžių periodais: 2007 ir 2008 m. birželio 8–10 d. bei liepos 19–21 d. skrydžių duomenimis. Analizuojami periodai buvo pasirinkti ne atsitiktinai. Būtent 2007 metais šiais laikotarpiais skrydžiai buvo vieni intensyviausių. 2007 ir 2008 m. tų pačių parų skrydžių duomenų palyginimas leidžia daryti išvadas apie skrydžių pokyčio tendencijas ir jų poveikį skrydžių vadovų darbo krūviui.

Tranzitinių skrydžių pralaidumas paprastai apskaičiuojamas naudojant įvairias kompiuterines simuliacijas, kuriose yra skrydžių vadovų darbo krūvį nustatantys moduliai (Majumdar 2005).

Kuriant galimus Lietuvos oro erdvės reorganizavimo modelius, buvo pasitelkta programinė įranga SAAM (*System for Air Traffic Assignment and Analysis at Macroscopic Level*).

Nors atliekamų tranzitinių skrydžių Lietuvos oro erdvėje 2008 m. gausėjo, lyginant su 2007 m., vidutinis skrydžio laikas Lietuvos oro erdvėje faktiškai nekito (1 lentelė).

Taip pat pažymėtina, kad lyginant realiai vykdytus ir planuotus tranzitinius skrydžius, jų skaičius skiriasi tik

labai nereikšmingai, o vidutinis skrydžio atstumas ir vidutinis skrydžio laikas yra beveik identiški.

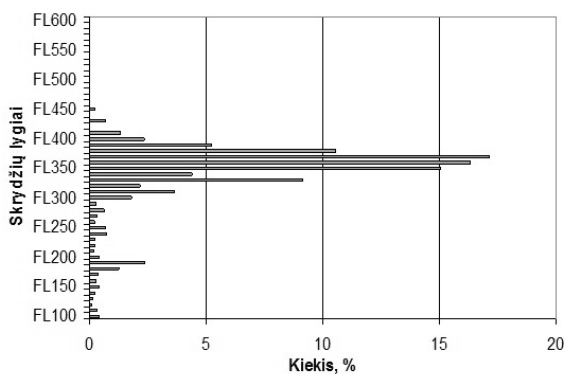
Modeliuojant oro erdvę, kai planuojami vienas virš kito esantys SV sektoriai, svarbus yra skrydžių lygių užimtumas ir jo dinamika. Lietuvos Respublikos oro erdvėje, kaip ir daugelyje kitų Europos regiono šalių oro erdvių iki 410 skrydžių lygio, įskaitant sumažinto vertikalus skirstymo tarp orlaivių zoną, yra taikomas 1000 pėdų vertikalus skirsniavimas tarp orlaivių, o nuo 410 iki 660 skrydžių lygio – 2000 pėdų skirsniavimas tarp orlaivių; nagrinėjamoje oro erdvėje buvo 44 skrydžių lygiai.

Skirtingų orlaivių tipų techninės charakteristikos yra nevienodos, todėl skiriasi ir optimalūs skirtingų orlaivių tipų skrydžių lygiai.

1 lentelė. Skrydžių pokytis Lietuvos Respublikos oro erdvėje 2007–2008 m.

Table 1. Changes in flights in the airspace of the Republic of Lithuania in 2007–2008

Metai ir skrydžių tipas	Vidutinis skrydžių skaičius (vnt/per parą)	Vidutinis orlaivio skristas atstumas (jūrmylės)	Vidutinis skrydžio laikas (min)
2007 vykdyti skrydžiai	478,3	96,97	14,38
2008 vykdyti skrydžiai	528,3	96,77	14,63

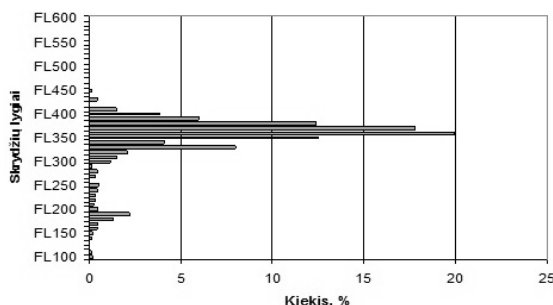


2 pav. Tranzitinių skrydžių pasiskirstymas pagal skrydžių lygius Lietuvos oro erdvėje 2007 m. (nuo 100 iki 660 skrydžių lygio)

Fig. 2. The distribution of transit flights according to flight levels in the airspace of Lithuania in 2007 (from FL 100 up to FL 660)

2 ir 3 paveiksluose parodyta, kad pagrindiniai tranzitinių skrydžių srautai Lietuvos oro erdvėje yra 300–400 skrydžių. Šių srautų pagrindą sudaro reaktyviniai orlaiviai, skrendantys vidutiniais ar ilgais atstumais.

Skrydžių lygių analizės duomenys rodo nedidelę tranzitinių skrydžių pasiskirstymo pagal skrydžių lygius pokyčio tendenciją.



3 pav. Tranzitinių skrydžių pasiskirstymas pagal skrydžių lygius Lietuvos oro erdvėje 2008 m. (nuo 100 iki 660 skrydžių lygio)

Fig. 3. The distribution of transit flights according to flight levels in the airspace of Lithuania in 2008 (from FL 100 up to FL 660)

2 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad 2007 m. Lietuvos oro erdvėje skrendant pagrindiniais 10 skrydžių lygiais buvo atlikta daugiau kaip 86 % visų tranzitinių skrydžių, o 2008 metais labai padidėjus skrydžių skaičiui valdomojoje Lietuvos oro erdvėje, tranzitinių skrydžių koncentracija pagrindiniais skrydžių lygiais dar labiau padidėjo ir jau sudarė apie 89 %. Taip pat pažymėtina, kad tranzitinių skrydžių dalis 2007 metais skrendant pagrindiniais 5-iais skrydžių lygiais ir sudarant 68,3 % dalį nuo bendro šių skrydžių skaičiaus, 2008 metais padidėjo daugiau kaip 2 % ir sudarė jau 70,66 %. Matoma, kad, nors ir nedidelė, bet jaučiama aukštesnių skrydžių lygių pasirinkimo tendencija. Labiausiai tai lemia naudojamų orlaivių tipų kaita (3 lentelė).

2 lentelė. Pagrindiniai skrydžių lygiai, naudojami tranzitiniais skrydžiams Lietuvos oro erdvėje

Table 2. The main flight levels of transit flights in the airspace of Lithuania

	Pagrindiniai skrydžių lygiai			
	2007 m.		2008 m.	
	skrydžių lygio Nr.	kiekis, %	skrydžių lygio Nr.	kiekis, %
1	370	17,16	360	19,93
2	360	16,34	370	17,80
3	350	15,09	350	12,52
4	380	10,56	380	12,40
5	330	9,15	330	8,01
6	390	5,23	390	5,98
7	340	4,42	340	4,08
8	310	3,63	400	3,83
9	190	2,38	190	2,19
10	400	2,38	320	2,10
	Iš viso 86,34 %		Iš viso 88,84 %	

3 lentelė. Labiausiai naudojami orlaivių tipai tranzitiniam skrydžiams Lietuvoje atlikti

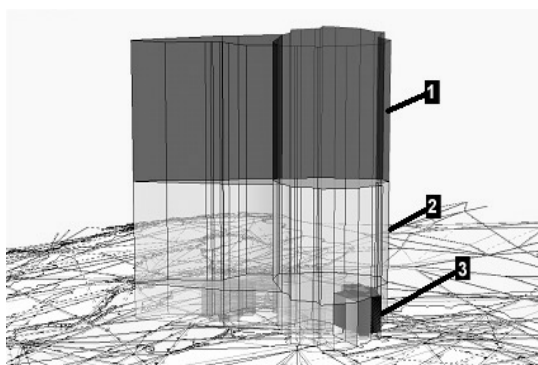
Table 3. The most popular aircraft types used on transit flights in Lithuanian airspace

Orlaivių tipai				
	2007 m.		2008 m.	
	orlaivio tipas	kiekis, %	orlaivio tipas	kiekis, %
1	A320	10,94	B735	12,9
2	A319	7,655	B733	12,23
3	B735	6,851	A320	9,447
4	B734	6,506	A319	8,504
5	B733	4,23	B744	6,372
6	B463	4,161	B752	4,712
7	B744	3,886	B738	4,577
8	B743	3,425	F50	2,872
9	A318	3,283	A321	2,67
10	TU134	2,942	B772	2,356
	Iš viso 53,88 %		Iš viso 66,64 %	

Remiantis skrydžių analizės rezultatais galima konstatuoti, kad labai apkrautų skrydžių lygių skaičius Lietuvos oro erdvėje nėra didelis, dažniausiai tai skrydžių lygiai nuo 300 iki 400. Tačiau kintant orlaivių tipams atsiranda galimybė kristi vis aukščiau esančiais skrydžių lygiais.

Lietuvos oro erdvės struktūros analizė

Lietuvoje oro navigacijos paslaugas teikia keturi aerodromo skrydžių valdymo centrai (toliau tekste – SVC) (Vilniaus, Kauno, Palangos ir Šiaulių) ir vienas regiono skrydžių valdymo centras. Pagal esamą Lietuvos oro eismo paslaugų oro erdvės struktūrą, tranzitiniai skrydžiai dažniausiai yra valdomi regiono SVC oro erdvėje, kuri apima visą oro erdvę nuo 95 iki 660 SL (4 pav.). Iki 95 SL valdomojoje oro erdvėje oro eismo paslaugas teikia Vilniaus, Kauno, Palangos ir Šiaulių aerodromų SVC.



4 pav. Oro erdvės atsakomybės ribų pasiskirstymas tarp skrydžių valdymo sektorių: 1 – viršutinis SV sektorius (regiono SVC); 2 – žemutinis SV sektorius (regiono SVC); 3 – Vilniaus aerodromo rajono (TMA) oro erdvė

Fig. 4. The distribution of responsibility among Air Traffic Control Sectors

Kadangi regiono SVC oro eismo paslaugas teikia visiems tranzitu skrendantiems orlaiviams (75–80 % orlaivių skaičiaus) ir taip pat pradinėje artėjimo fazėje atskrendantiems bei vėlesnėje aukštėjimo fazėje išvykstantiems orlaiviams, regiono SVC oro erdvės pralaidumas ir darbo krūvis šio SVC SV sektoriuose paros skrydžių pikų metu priartėjo prie maksimaliai leistinos ribos (4 lentelė). Todėl atliekant šį tyrimą regiono SVC oro eismo paslaugų oro erdvei ir buvo skiriama daugiausia dėmesio.

Pagal 4 lentelėje pateiktus duomenis, padidėjus skrydžių skaičiui regiono SVC SV sektoriuose, skrydžių vadovų darbo krūvis taip pat padidėjo. Išsilaikant tokiems didėjimo tempams ir toliau, netrukus regiono SVC pralaidumas paros skrydžių pikų metu gali pasiekti maksimaliai leistinus dydžius.

4 lentelė. Esamas regiono SV sektorių pralaidumas ir darbo krūvis

Table 4. The current capacity and workload of Control Centre Sectors in Vilnius Area

	Leistinas SV sektoriaus pralaidumas	Skrydžių vadovo darbo krūvis sektoriuje per piko valandą, %	
		2007	2008
Viršutinis regiono SVC sektorius	54 orl./val.	56	65
Žemutinis regiono SVC sektorius	43 orl./val.	52	62

Regiono SVC žemutinio SV sektoriaus pralaidumas, lyginant su viršutinio SV sektoriaus pralaidumu, yra mažesnis, nes dauguma skrydžių šiame SV sektoriuje yra atliekami kintamu profiliu, t. y. orlaiviai aukštėja arba žemėja, be to, ilgesnis orlaivio buvimo laikas SV sektoriuje ir pavojingu atstumu atsidūrusių orlaivių skaičius yra didesnis (4 pav.).

Kita padėtis yra Lietuvos aerodromų SVC. Skrydžių vadovų darbo krūvis šių SVC oro eismo paslaugų oro erdvėje yra palyginti nedidelis. Išskirti reikėtų Vilniaus SVC, kuriame SV darbo krūvis paros pikų metu pakyla iki vidutinio (37 %) dydžio. Tačiau dėl gana mažos Vilniaus aerodromo rajono oro erdvės (TMA) laiko, skirto atvykstančių ir išvykstančių orlaivių sekoms nustatyti ir valdyti, trūkumo šiame SVC dirbančio skrydžių vadovo darbo krūvio padidėjimas paros skrydžių pikų metu turėtų neigiamos įtakos teikiamų oro eismo paslaugų kokybei. Kita vertus, bendras darbo krūvis yra nedidelis, t. y. siekia vidutinį lygį tik gana trumpais laikotarpiais – paros skrydžių pikų metu, todėl turėtų būti optimizuotas.

Tyrimas rodo, kad iš esmės dėl esančio didelio skirtumo tarp tranzitinių skrydžių ir atskridimų / išskridimų

skaičiaus darbo krūvis tarp regiono SVC sektorių ir aerodromų SVC pasiskirsto nevienodai.

Lietuvos oro erdvės restruktūrizacija turėtų išspręsti ne tik oro erdvės pralaidumo užtikrinimo problemą, bet ir Vilniaus TMA padidinimo klausimą, kuris padėtų iš dalies optimizuoti darbo krūvį šiame SV sektoriuje, tuo pat metu sumažinant regiono SVC žemutiniam SV sektoriui tenkantį darbo krūvį.

Siūlomi Lietuvos oro erdvės restruktūrizavimo modeliai

Atliktas tyrimas rodo, kad dabartinė Lietuvos oro erdvės struktūra turi kelis trūkumus, galinčius turėti neigiamos įtakos oro eismo paslaugų teikimui netolimoje ateityje. Tokius trūkumus, kaip galimas nepakankamas regiono SVC SV sektorių pralaidumas ir poreikis optimizuoti oro eismo paslaugų teikimą Vilniaus TMA, siūlomi oro eismo paslaugų paskirstymo modeliai turėtų eliminuoti.

Suprantant, kad radikalūs oro erdvės struktūros pokyčiai gali neigiamai paveikti skrydžių saugą, būti gana brangūs ir ilgai trunkantys ir siekiant praktinio siūlomo oro erdvės modelio pritaikymo, nagrinėjamuose oro erdvės modeliuose buvo stengtasi išlaikyti stipriausias esamos Lietuvos oro eismo paslaugų oro erdvės struktūros savybes ir atmosferą.

Modeliuojant pirmiausia buvo sprendžiamas Vilniaus TMA padidinimo klausimas. Siekiant, kad Vilniaus TMA būtų pakankamo dydžio, kad galėtų užtikrinti didelių orlaivių srautų pralaidumą, optimizuoti šiame SV sektoriuje oro eismo paslaugų teikimą ir sumažinti regiono žemutinio SV sektoriaus darbo krūvį, Vilniaus TMA turėtų visiškai valdyti skrydžius pagrindinėmis kryptimis (į/iš Varšuvos skrydžių informacijos regiono (SIR)). Tuo tikslu siūloma Vilniaus TMA horizontalioje plokštumoje išplėsti iki Varšuvos SIR ir Kaliningrado SIR, o vertikalioje plokštumoje – iki 255 SL. Po tokių pokyčių Vilniaus TMA sektorius perimtų į/iš Vilniaus ir Kauno pagrindinėmis kryptimis skrendančių orlaivių skrydžių valdymą, be to, padidėjusi oro eismo paslaugų oro erdvė sudarytų sąlygas geriau organizuoti ir išskirstyti orlaivių srautus.

Remiantis tyrimo rezultatais, prižiūrimų orlaivių skaičius šiame Vilniaus TMA SV sektoriuje pasikeis nereikšmingai, tačiau gerokai pailgės orlaivio buvimo laikas SV sektoriuje. Taigi šis pakeitimas sudarytų sąlygas užtikrinti geresnį oro eismo paslaugų teikimą orlaiviams, skrendantiems į Vilnių ir Kauną, sumažintų darbo krūvį, tenkantį regiono SVC, ir optimizuotų Vilniaus prieigų SV sektoriaus darbo krūvį. Įdiegus šiuos pakeitimus, vidutinis

darbo krūvis Vilniaus TMA, išskyrus naktį, sudarytų 44 %, o skrydžių piko metu siektų 52 % (5 pav.).

Nustatyti aukštesnę vertikalią šio SV sektoriaus ribą arba dar išplėsti Vilniaus TMA ribas nebūtų tikslinga, nes tai dėl darbo krūvio paros skrydžių piko metu jau netolimoje ateityje pareikalautų papildomų darbo organizavimo pokyčių teikiant oro eismo paslaugas ar net oro eismo paslaugų oro erdvės perskirstymo.

Kadangi atskridimai ir išskridimai į tarptautinius Lietuvos oro uostus sudaro tik ketvirtadalį visų skrydžių valdomojoje oro erdvėje, tai vien Vilniaus prieigų SV sektoriaus padidinimas neišspręstų visų galimų problemų, susijusių su oro erdvės pralaidumu.

Nors minėti pakeitimai sumažintų darbo krūvį regiono žemutiniame SV sektoriuje, tačiau tai neišspręstų viršutinio SV sektoriaus problemų. O paprastas šiuos du SV sektorius skiriančio skrydžių lygio pakėlimas tik labai trumpam laikotarpiui išspręstų esamas problemas ir netrukus reikalautų papildomų sprendimų. Tyrimas rodo, kad esant net ir nedidelėms aukštesnių skrydžių lygių naudojimo tendencijoms, viršutinį SV sektorių skirianti riba turi būti ne 355 SL, o 365 SL. Šios ribos nustatymas ties 365 SL būtų dalis sprendimo, užtikrinančio ilgalaikį Lietuvos oro erdvės pralaidumą ir skrydžių vadovų darbo krūvio subalansavimą (5 lentelė).

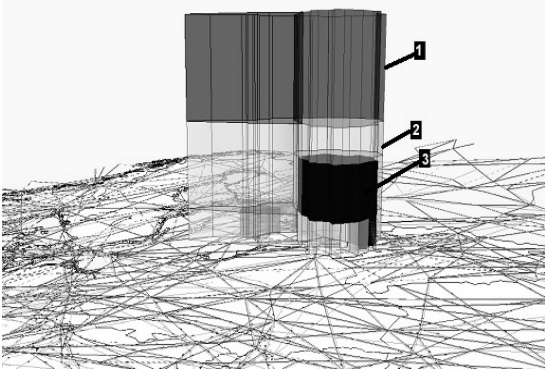
Kadangi Vilniaus TMA išplėtimas su regiono SVC viršutinio SV sektorių skiriančiojo SL pakėlimu nelems pakankamai gerai aptarnauti skrydžių paros piko metu, regiono SVC yra poreikis sukurti 3-ią SV sektorių.

5 lentelė. SV sektorių pralaidumas ne piko metu

Table 5. Normal capacity for Air Traffic Control sectors

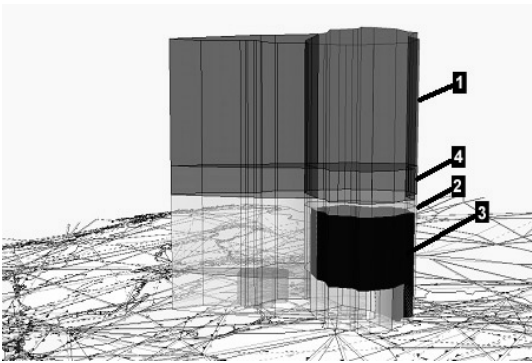
SV sektorius	SV sektoriaus pralaidumas	Skrydžių vadovo darbo krūvis skrydžių piko metu, %
Viršutinis regiono SVC sektorius	54	55
Žemutinis regiono SVC sektorius	48	64
Vilniaus TMA iki 255 SL	33	55

Modeliuojant regiono SVC SV sektorių ribas, vadovautasi 2007 m. birželio mėn. Lietuvos oro erdvėje nustatyto ir praktiniame darbe pasiteisinusiu vertikalium regiono SVC SV sektorių paskirstymu. Todėl viename iš galimų oro erdvės modelių siūlomi trys vertikalūs regiono SV sektoriai (5 pav.), o kitame – vienas viršutinis ir du žemutiniai SV sektoriai (6 pav.). Modeliuojant buvo stengiamasi, kad regiono SVC SV sektorių paskirstymo modeliai būtų lankstūs ir dinamiški ir atitiktų dabartinės oro eismo paslaugų oro erdvės paskirstymo dvasią.



5 pav. Siūlomas OEP oro erdvės paskirstymas ne piko metu: 1 – viršutinis SV sektorius (regiono SVC); 2 – žemutinis SV sektorius (regiono SVC); 3 – Vilniaus aerodromo rajono (TMA) oro erdvė

Fig. 5. The proposed distribution of responsibility among Air Traffic Control Sectors during no peak time



6 pav. Siūlomas OEP oro erdvės paskirstymas (3 vertikalūs regiono SVC SV sektoriai ir Vilniaus TMA): 1 – viršutinis SV sektorius (regiono SVC); 2 – žemutinis SV sektorius (regiono SVC); 3 – Vilniaus aerodromo rajono (TMA) oro erdvė; 4 – vidurinis SV sektorius (regiono SVC)

Fig. 6. The proposed distribution of responsibility among Air Traffic Control Sectors (3 vertical sectors in Area Control Center and Vilnius TMA)

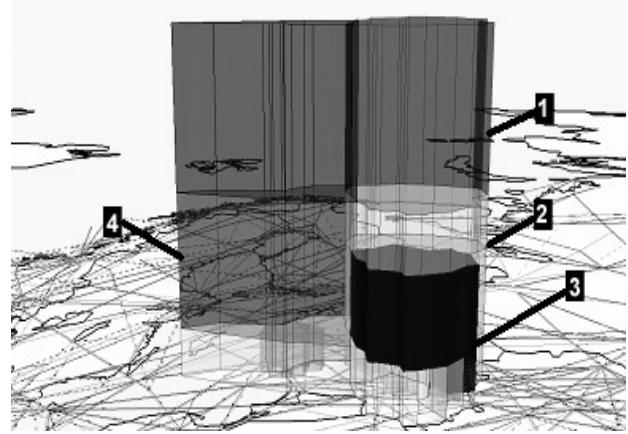
Taikant pirmąjį variantą (6 pav.), kai Lietuvos oro erdvėje siūloma nustatyti tris vertikalūs regiono SV sektorius, pagal tyrimo rezultatus skiriamoji riba tarp viduriniojo ir žemutinio SV sektorių būtų 285 SL ir tai padėtų išspręsti visas ankščiau minėtas problemas (6 lentelė).

6 lentelė. SV sektorių pralaidumas (3 vertikalūs regiono SVC SV sektoriai ir Vilniaus TMA)

Table 6. The capacity of Air Traffic Control sectors (3 vertical sectors in Area Control Center and Vilnius TMA)

SV sektorius	Leistinas SV sektoriaus pralaidumas, orl./val.	Skrydžių vadovo darbo krūvis skrydžių piko metu, %
Regiono SVC viršutinis sektoriaus	54	55
Regiono SVC vidurinis sektoriaus	52	52
Regiono SVC žemutinis sektoriaus	43	38
Vilniaus TMA iki 255 SL	33	55

Taikant antrąjį variantą (7 pav.), kai Lietuvos oro erdvėje siūloma nustatyti vieną vertikalų sektorių ir kitus 2 sektorius skirstyti pagal geografines koordinatas, pagal tyrimo rezultatus skiriamoji riba tarp rytų ir vakarų žemutinių SV sektorių eitų nuo Varšuvos SIR link Rygos SIR. Šio oro erdvės modelio duomenys pateikiami 7 lentelėje.



7 pav. Siūlomas OEP oro erdvės paskirstymas: 1 – viršutinis; 2 – žemutinis regiono SVC SV sektoriai

Fig. 7. The proposed distribution of responsibility among Air Traffic Control Sectors (1 Upper sector and 2 Lower sectors)

7 lentelė. SV sektorių pralaidumas (1 aukštutinis ir 2 žemutiniai regiono SVC SV sektoriai ir TMA)

Table 7. The capacity of Air Traffic control sectors (1 Upper sector and 2 Lower sectors and Vilnius TMA)

SV sektorius	Leistinas SV sektoriaus pralaidumas, orl./val.	Skrydžių vadovo darbo krūvis skrydžių piko metu, %
Regiono SVC viršutinis sektoriaus	54	55
Regiono SVC žemutinis sektoriaus	45	42
Rytų regiono SVC žemutinis sektoriaus	43	46
Prieigos iki 255 SL	33	55

Pagal tyrimo rezultatus, abu Lietuvos oro erdvės modeliai užtikrintų reikiamą oro erdvės pralaidumą bei prognozuojamo skrydžių skaičiaus aptarnavimą. Tačiau įvertinant oro erdvės dydį ir oro kelių tinklo tankį Lietuvos oro erdvėje, prioritetas turėtų būti teikiamas modeliui su vertikaliu regiono SVC SV sektorių paskirstymu.

Išvados

Tyrimas rodo, kad dabartinė Lietuvos oro eismo paslaugų oro erdvės struktūra turi keletą trūkumų, kurie gali neigiamai paveikti galimybes aptarnauti prognozuojamą

skrydžių skaičių, ypatingai paros skrydžių piko metu (galimas oro erdvės pralaidumo trūkumas, netolygus darbo krūvio pasidalinimas tarp SVC ir SV sektorių).

Siekiant išspręsti galimas oro erdvės pralaidumo problemas paros skrydžių piko metu ir organizuoti oro eismo paslaugų teikimą pačiu efektyviausiu bei ekonomiškiausiu būdu, būsima Lietuvos oro eismo paslaugų oro erdvės struktūra turi būti dinamiška.

Tyrimo duomenimis, Vilniaus TMA turėtų visiškai apimti skrydžius į/iš Vilniaus ir Kauno oro uostų pagrindine kryptimi (į/iš Varšuvos SIR).

Tyrimai rodo, kad siekiant subalansuoti skrydžių vadovų darbo krūvį regiono SVC SV sektoriuose po Vilniaus TMA išplėtimo, viršutinį SV sektorių skirianti riba turi būti 365 SL. Toks skirstymas atitiktų visus strateginius ir operacinius tikslus ne piko metu.

Tam, kad nenukentėtų teikiamų paslaugų kokybė paros skrydžių piko metu, Lietuvos oro erdvės pralaidumas turėtų būti padidinamas žemutinį SV sektorių dalinant į du SV sektorius.

Vertikalus SV sektorių paskirstymas su skiriamąja riba tarp vidurinio ir žemutinio SV sektorių – SL 285–saugos ir operacinės pusės požiūriu yra geriau tinkamas, nei žemutinio SV sektoriaus dalinimas pagal geografines koordinatas.

Tokia dinaminė Lietuvos oro erdvės struktūra leistų esant poreikiui atidaryti papildomą SV sektorių, tuo padidinant pralaidumą ir tai leistų atlikti pačiu efektyviausiu ir ekonomiškiausiu būdu bei padėtų pasiekti ilgalaikius Lietuvos OEV tikslus.

Literatūra

- Basu, A.; Mitchell, J. S. B.; Sabhnani, G. R. 2008. Geometric Algorithms for Optimal Airspace Design and Air Traffic Controller Workload Balancing, in *ALENEX '08: Ninth Workshop on Algorithm Engineering and Experiments*, San Fransisco, CA, Jan 2008, 75–89 [online], [cited December 2009]. Available from Internet: <http://www.cs.sunysb.edu/~gk/research/geosect_alenex08.pdf>.
- Delahaye, D.; Alliot, J. M.; Schoenauer, M., *et al.* 1995. Genetic algorithms for automatic regroupement of air traffic control sectors, in *Proceedings of the 4th Annual Conference on Evolutionary Programming* [online], [cited December 2009]. Available from Internet: <<http://www.recherche.enac.fr/opti/papers/articles/ep95.ps.gz>>.
- Devasia, S.; Heymann, M.; Meyer, G. 2002. Automation procedures for air traffic management: A token-based approach, in *Proceedings of the American Control Conference*. Anchorage, AK, May 2002, 736–741.
- EUROCONTROL. *European Air Traffic Control Harmonization and Integration Programme (EATCHIP)*: Report. 1991. EUROCONTROL, Brussels, Belgium.
- EUROCONTROL. *The 2015 Airspace Concept and Strategy for the ECAC Area and Key Enablers*. 2008.

Little, A. D. 2000. Study into the Potential Impact of Changes in Technology on the Development of Air Transport in the UK.

Majumdar, A.; Ochieng, G. W. Y.; Bentham, J., *et al.* 2005. En-route sector capacity estimation methodologies: An international survey, *Journal of Air Transport Management* 11(6): 375–387. doi:10.1016/j.jairtraman.2005.05.002

Majumdar, A.; Ochieng, G. W. Y.; McAuley, G., *et al.* 2004. The factors affecting airspace capacity in Europe: A Cross Sectional Time-Series Analysis Using Simulated Controller Workload Data, *RIN Journal*.

Majumdar, A.; Polak, J. W. 2001. Estimating the capacity of Europe's airspace using a simulation model of air traffic controller workload, *Transportation Research Record* 1744: 30–43. doi:10.3141/1744-05

REORGANIZATION OF LITHUANIAN AIRSPACE

V. Kondroška, J. Stankūnas

Abstract

The basic purpose of the article is considering problems related to ensuring the required capacity of Lithuanian airspace and organising the provision of air traffic services in the most efficient way. The paper presents the results of analysis and experimental research on several scenarios of Lithuanian airspace models that are the most appropriate from the point of view of air traffic control. To allow for a realistic comparison between the scenarios and traffic samples, the current route network, a real traffic sample and the existing traffic dynamics have been used. Furthermore, all other related aspects such as flight level occupancy, flight time, aircraft type and traffic flows have been taken into consideration.

The results of analysis will form a basis for ensuring the required capacity of Lithuanian airspace.

Keywords: airspace modeling, airspace capacity, air traffic controller workload.