

Modeliranje rizika po treća lica u okolini Aerodroma „Nikola Tesla“ u Beogradu

MARINA S. ĐOREM, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

FEDA T. NETJASOV, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

Pregledni rad

UDC: 656.71.085.1(497.11)

DOI: 10.5937/tehnika1804549D

Jedan od važnih bezbednosnih problema u okolini savremenih aerodroma je „rizik po treća lica“, tj. rizik po život osoba koje stanuju, rade ili borave u neposrednoj okolini aerodroma prouzrokovan udesom vazduhoplova. U radu su objašnjeni principi modeliranja i procene „rizika po treća lica“ kao i moguće primene rezultata modela. Ukratko su predstavljeni i postojeći modeli kao i dva osnovna indikatora: individualni i društveni rizik. Na kraju je prikazan primer modeliranja „rizika po treća lica“ u slučaju Aerodroma „Nikola Tesla“ u Beogradu (samo okolina aerodroma u jugo-istočnom pravcu). Sprovedena je takođe i analiza osetljivosti na promenu obima saobraćaja i promenu procentualnog udela poletanja sa staze 12 i sletanja na stazu 30. Uočeno je da rizik raste sa povećanjem obima saobraćaja kao i da je vrednost rizika osetljivija na promene broja sletanja.

Ključne reči: aerodrom, bezbednost, rizik po treća lica

1. UVOD

Bezbednost u vazдушnom saobraćaju se definiše kao odsustvo mogućnosti koje bi dovele do povreda ili gubitaka ljudskih života, oštećenja imovine ili štetnih posledica po životnu okolinu kao i prevencija pojave okolnosti za pojavu istih. Nesreće predstavljaju rezultate višestrukih i međusobno zavisnih faktora [1].

Prema statističkim podacima Boeing-a za period od 2007-2016. godine 61% udesa sa smrtnim ishodom se desio u neposrednoj blizini aerodroma (13% tokom poletanja i početnog penjanja, 48% tokom završnog prilaza i sletanja) [2].

Imajući u vidu udeo pomenutih faza leta u trajanju celog leta (2% vremena u poletanju i 4% vremena u sletanju u slučaju leta od 90 min [2]) uviđa se da je rizik od udesa vazduhoplova znatno veći u blizini aerodroma nego tokom ostalih faza leta. Razlog je sama priroda pomenutih faza u kojima dolazi do značajnih promena konfiguracije vazduhoplova koja je povezana i sa njihovim manevrima (poniranje, penjanje, zaokreti itd.). Pored toga činjenica je da ukupan saobraćaj koji aerodrom opslužuje preleće, tj. skoncentrisan je na re-

lativno malu površinu u okolini aerodroma što značajno povećava rizik od nesreća [3].

Nesreće koje se dešavaju u fazama poletanja i sletanja vazduhoplova nemaju za žrtve samo putnike i posadu već i ljude na zemlji. Neki od primera koji su ostavili značajan trag u istoriji vazdušnog saobraćaja su:

a) Pad teretnog aviona Boeing 747 izraelske kompanije El Al na stambenu zgradu u naselju Bijmler u Amsterdamu 1992. godine tokom poletanja. Tom prilikom je poginulo 43 lica u stambenoj zgradi [1]; i

b) Pad putničkog aviona Concord nakon poletanja iz Pariza 2000. godine. Avion je pao na hotel i usmratio 5 lica [3].

Ljudi na zemlji koje su postali žrtve kao posledica nesreće aviona, nazivaju se „trećim licima“ (third party). To su zapravo žrtve koje nemaju nikakve direktne veze sa letom koji je unesrećeni avion vršio, za razliku od posade aviona (first party) ili putnika (second party) koji su u direktnoj vezi sa letom aviona. Za ovu grupu ljudi vezan je i pojam „Rizik po treća lica“ (Third party risk) koji predstavlja rizik da neka osoba koja stanuje, radi ili boravi u okolini aerodroma pogine usled udesa aviona [1]. Sam koncept „rizika po treća lica“ kao i njegova procena je fokusiran na oblasti u okolini aerodroma.

Osnovne pretpostavke vezane za procenu ovog rizika su sledeće [4, 5]: ovaj rizik je uvek prisutan, ne

Adresa autora: Marina Đorem, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305
e-mail: marinadjorem@gmail.com

Rad primljen: 13.06.2018.

Rad prihvaćen: 23.07.2018.

može biti smanjen na nulu i treba da bude predvidljiv, transparentan i kontrolabilan, uz mogućnost da se kvantifikuje i meri. Modeliranje „rizika po treća lica“ omogućava zadovoljenje pomenutih pretpostavki kao i definisanje vrednosti prihvatljivog rizika u neposrednoj okolini aerodroma.

Svrha modeliranja „rizika po treća lica“ je da se pokaže da procena ovog rizika kao i upravljanje bezbednošću u okolini aerodroma ne predstavlja dodatno opterećenje vazduhoplovne privrede, već efikasan način da se omogući održiv razvoj aerodroma i vazdušnog saobraćaja.

Kvantifikacija „rizika po treća lica“ može biti korisno sredstvo za tzv. „komunikaciju rizika“ (risk communication) a pogotovo za komparaciju sa hemijskim i fizičkim hazardima u životnom okruženju. Dosašnje procene ovih rizika pokazuju sličnosti sa rizicima u okolini hemijskih postrojenja i nuklearnih elektrana.

Uvođenje raznih tehnoloških rešenja značajno je uticalo na smanjenje vrednosti „rizika po treća lica“, međutim porast obima vazdušnog saobraćaja kao i zagušenje vazdušnog prostora posebno u okolini aerodroma utiču na smanjenje tog efekta.

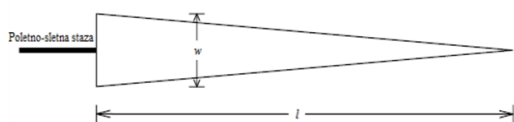
2. PROCENA RIZIKA PO TREĆA LICA

2.1 Modeliranje procene „rizika po treća lica“

Procena „rizika po treća lica“ u okolini aerodroma nije zakonska obaveza ali je u nekim zemljama prepoznata kao važna za održivi razvoj aerodroma. U tome se posebno ističu Velika Britanija i Holandija [5, 6].

U Velikoj Britaniji su još krajem 50-ih godina XX veka u okolini aerodroma uvedene „javne bezbednosne zone“ (public safety zones - PSZs) kojima se definiše prostor pridodat na kraj poletno-sletne staze (PSS) u kome je gradnja bilo kakvih objekata zabanjena ukoliko bi se njima značajno povećao broj ljudi koji bi tu stanovao, radio ili se okupljao.

Početkom 90-ih godina XX veka Velika Britanija je razvila metod za procenu „rizika po treća lica“ u okolini aerodroma i predložila kriterijume za procenu rizika. Metod se zasniva na podeli aviona po proizvođačima, tipu (veliki, mali, sa mlaznim ili turbo-elisnim motorima), i kategoriji (putnički ili kargo); zatim na modeliranju lokacije nesreće i posledica nesreće.



Slika 1 - Oblik kontura rizika u produžetku poletno-sletne staze (širina konture na kraju PSS - w , dužina konture u pravcu produžene ose PSS - l)

Na osnovu svega toga crtaju se tzv. „konture rizika“ (risk contours, slika 1 [3]).

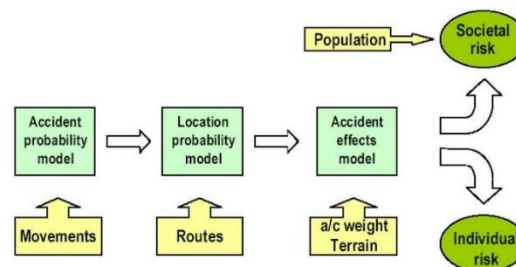
Pored toga uspostavljeni su i kriterijumi „prihvatljivog nivoa rizika“ (acceptable level of risk). Rizik za postojeće stanje ne treba da bude veći od 10^{-4} na godšnjem nivou, što je u skladu sa tolerisanim vrednostima rizika u nuklearnoj i hemijskoj industriji, a gradnja novih objekata nije dozvoljena unutar konture 10^{-5} [5, 6].

U Holandiji su počeli da se bave problemom procene „rizika po treća lica“ posle već pomenute nesreće u Amsterdamu 1992. godine. Tri mere ovog rizika su definisane: individualni rizik, društveni rizik, i rizik od potencijalnog gubitka života [7]. Pored toga, razvijen je i metod za procenu rizika u okolini aerodroma koji sadrži sledeće elemente ([4], slika 2):

a) model za proračun verovatnoće dešavanja nesreće (the accident probability model), u funkciji verovatnoće nesreće po tipu operacije (poletanje ili sletanje) i obima godišnjeg saobraćaja na aerodromu. Verovatnoće nesreća po tipu operacije se računaju iz istorijskih podataka (uočene su razlike između regiona u svetu, veličine aerodroma i tehničkih i operativnih karakteristika). Takođe, značajan uticaj imaju i lokalna topografija i meteorološki uslovi;

b) model za proračun verovatnoće lokacije nesreće (location probability model), u funkciji rastojanja potencijalne lokacije od PSS i putanja dolazećeg i odlazećeg saobraćaja (verovatnoća nesreće nije jednaka u svim tačkama u okolini aerodroma). Ovaj model je zavisn od istorijskih podataka o lokacijama nesreća; i

c) model efekta nesreće (accident effect model) koji kombinuje rezultate prethodnih modela za računanje verovatnoće nesreće na svakoj lokaciji u okruženju posmatranog aerodroma. Ovim modelom se određuju dimenzije površine terena zahvaćene nesrećom kao i smrtnost po ljude u okolini usled posledica nesreće, kao funkcije parametara aviona (masa aviona, količina goriva, itd.) i karakteristika okolne topografije.



Slika 2 - Elementi holandskog metoda procene rizika po treća lica u okolini aerodroma

Pomenuti modeli se suočavaju sa određenim problemima [8]. Pre svega nisu opšti tako da specifični model mora biti razvijen za svaki aerodrom ponaosob.

Proaktivna procena rizika često ne može adekvatno da bude sprovedena zbog već uvedenih mera za kontrolu rizika. Postoji i nedostatak zvaničnih podataka o stvarnim nesrećama i stvarnoj izloženosti riziku u okolini aerodroma što dodatno otežava postavljanje graničnih vrednosti za individualni i društveni rizik. Ako su granične vrednosti previsoke razvoj aerodroma i njegove operacije mogu biti ugrožene, ali ako su preniske onda ljudi u okolini aerodroma mogu biti izloženi većoj opasnosti.

Prvi problem se rešava razvojem opštih modela koji bi se mogli primeniti na aerodromu sličnih karakteristika: obima saobraćaja, tipova aviona koji koriste aerodrom, prostornog izgleda, korišćenja zemljišta i gustine naseljenosti. Drugi problem nije moguće dublje rešavati. Treći problem ne može bolje da se rešava zbog toga što su nesreće i žrtve u okolini aerodroma retki događaji, zbog čega je nemoguće prikupiti odgovarajuću količinu podataka. Da bi se to prevazišlo sugeriše se prikupljanje podataka sa sličnih (po saobraćaju, tipovima aviona, itd.) aerodroma. Poslednji problem se rešava poboljšanjem tačnosti u postavljanju graničnih vrednosti za „rizik po treća lica“ u okolini posmatranog aerodroma [5, 6, 8].

2.2 Primena modela procene rizika po treća lica

Modeli procene „rizika po treća lica“ su uglavnom korišćeni za donošenje odluka i politika vezanih za funkcionisanje i razvoj aerodroma. Obično su korišćeni u svrhu prognoze ovih rizika u cilju komparacije sa „rizicima po treća lica“ u okolini nuklearnih i hemijskih postrojenja [5, 6].

Svrha procene „rizika po treća lica“ u okolini aerodroma jeste rešavanje nekoliko problema i to [3]:

- kontrolisane izgradnje i planskog širenja naselja u blizini aerodroma;
- planiranja razvoja aerodroma koje uzima u obzir procenu rizika po treća lica;
- smanjenja društvenog rizika optimizacijom izbora poletno-sletnih staza u upotrebi;
- planiranja broja i lokacije vatrogasnih jedinica u naseljenim mestima.

Nakon izvršene procene rizika potrebno je odrediti granice različitih vrednosti rizika (kriterijumi prihvatljivosti rizika) koje su karakteristične i reprezentativne za određenu upotrebu zemljišta.

Zona visoke zaštite (unutar 10^{-4} konture rizika) se nalazi unutar samog aerodroma. Objekti i ljudi koji se ovde nalaze su direktno ili indirektno vezani za funkcionisanje vazdušnog saobraćaja te kao takvi, smatra se da prihvataju visok rizik svakodnevnog boravka u ovoj zoni i uslove rada u njoj. Ukoliko se zona visoke zaštite proteže i van aerodromskih granica onda je važno izbeći konstantno prisustvo ljudi u ovoj oblasti.

U ovom slučaju je poželjno uvesti zakonsku zabranu za svu buduću izgradnju i razmotriti rušenje postojećih objekata ukoliko je to opravdano ciljevima koje država želi da postigne u cilju ograničavanja ljudi izloženih riziku ili ekonomske opravdanosti [3].

Unutrašnja zona (između 10^{-4} i 10^{-5} konture rizika) predstavlja zonu kontrole ljudskog prisustva koja se postiže zadržavanjem aktuelne situacije (postojećih objekata), ali uvođenjem zakonskih ograničenja za buduću izgradnju. Ukoliko se u ovoj oblasti već nalaze objekti koji privlače značajan broj ljudi potrebno je proceniti svaki objekat posebno u odnosu na broj ljudi izložen riziku i prosečnom vremenu koje u njemu provode. U ovakvoj situaciji je potrebno i zabraniti buduću izgradnju sličnih objekata zbog već postojećeg zasićenja ove oblasti u smislu broja ljudi koji tu borave tokom dana [3].

U središnjoj zoni (između 10^{-5} i 10^{-6} konture rizika) se može dozvoliti zadržavanje svih postojećih objekata, ali je potrebno ograničiti nove rezidentne aktivnosti u smislu gustine naseljenosti i njene stvarne disprezije u ovoj oblasti sa drugačijim kriterijumima u odnosu na unutrašnju zonu. Van ove zone, u Spoljašnjoj zoni (izvan 10^{-6} konture rizika) smatra se da nema uticaja od strane vazduhoplovnih aktivnosti [3].

Zajednički principi za visoko zaštićenu zonu, unutrašnju zonu i središnju zonu su sledeći [3]:

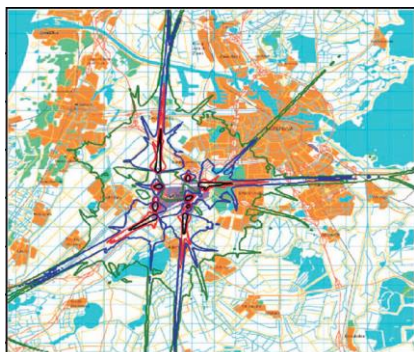
- aktivnosti koje prilikom avionske nesreće mogu doprineti širenju posledica i uticati na pojavu dodatne štete po okolinu moraju biti sprečene (npr. skladištenje goriva iznad zemljine površine, hemijska postrojenja u okolini aerodroma, itd.);
- objekti poput škola, bolnica, visoko posećenih centara (korporativni centri, trgovački centri, itd.) bi trebalo da se izbegavaju;
- objekti na okolnim putevima (npr. naplatne rampe, benzinske stanice, itd.) koji mogu generisati gužve i značajno povećati okupljanje ljudi bi trebalo da se izbegavaju;
- nuklearna postrojenja, postrojenja za proizvodnju vatrenog oružja kao i hemijskih eksplozivnih supstanci je potrebno u potpunosti sprečiti i sprovesti posebne studije o proceni rizika udesa vazduhoplova na njihovim lokacijama.

U Holandiji na primer, postoje samo unutrašnja i središnja zona, ali je u većim naseljenim oblastima gde postoji problem korisno uvesti i visoko zaštićenu zonu kako u budućnosti usled širenja naselja ne bi došlo do naseljavanja ovih oblasti [3].

3. INDIKATORI RIZIKA

Kod procene „rizika po treća lica“ u okolini aerodroma najčešće se koriste već pomenuta dva indikatora (slika 2): individualni i društveni rizik.

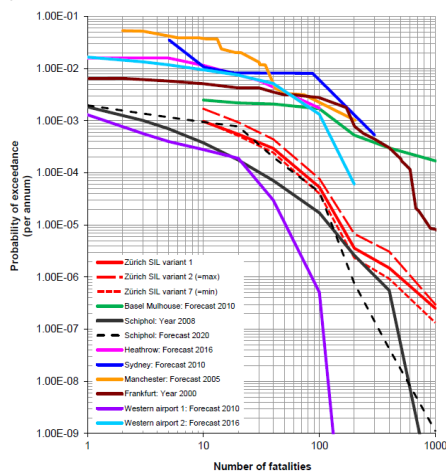
Individualni rizik se definiše kao verovatnoća (na godišnjem nivou) da osoba sa trajnim prebivalištem na određenoj lokaciji u okolini aerodroma postane žrtva avionske nesreće. Individualni rizik je zavisian od lokacije, odnosno postoji bez obzira da li neko zaista stanuje na određenoj lokaciji ili ne. Ovaj indikator se koristi kao sredstvo za određivanje područja koja treba smatrati previše opasnim za izgradnju kuća ili osetljive infrastrukture [1]. Individualni rizik se prikazuje u formi kontura rizika (slika 3).



Slika 3 - Konture individualnog rizika - Amsterdam Schiphol International Airport (primer za 2015. godinu, crna - 10^{-4} , crvena - 10^{-5} , plava - 10^{-6} , zelena - 10^{-7} [4])

Društveni rizik se definiše kao verovatnoća (na godišnjem nivou) da N ili više osoba pogine usled direktnih posledica jedne avionske nesreće. Društveni rizik se odnosi na celokupnu okolinu aerodroma i stoga nije zavisian od specifične lokacije. Ovaj rizik postoji samo na onim mestima u okolini aerodroma na kojima su prisutni ljudi. U nenaseljenim oblastima, individualni rizik menja vrednost od lokacije do lokacije ali društveni rizik po definiciji ne postoji [1]. Društveni rizik se prikazuje u formi krive (slika 4).

U mnogim zemljama se danas na osnovu kontura individualnog rizika i vrednosti društvenog rizika vrši zoniranje u okolini aerodroma.



Slika 4 - Poređenje krivih društvenog rizika za više Evropskih aerodroma [9]

4. PROCENA RIZIKA U OKOLINI AERODROMA „NIKOLA TESLA“ U BEOGRADU

U Republici Srbiji ne postoji zakonska obaveza za proračunavanje „rizika po treća lica“ u okolini aerodroma. Međutim, evidentno je „približavanje“ grada Beograda aerodromu što ovaj problem čini sve aktuelnijim.

Aerodrom „Nikola Tesla“ u Beogradu je otvoren 1962. godine, 18 km zapadno od Beograda. U okviru aerodroma nalazi se poletno-sletna staza dužine 3.400 m i orijentacije 12/30. U produžetku ose poletno-sletne staze u pravcu jugo-istoka nalazi se naselje Ledine koje je, prema nezvaničnim podacima sa popisa stanovništva od 1991. godine do danas skoro utrostručilo broj stanovnika [3].

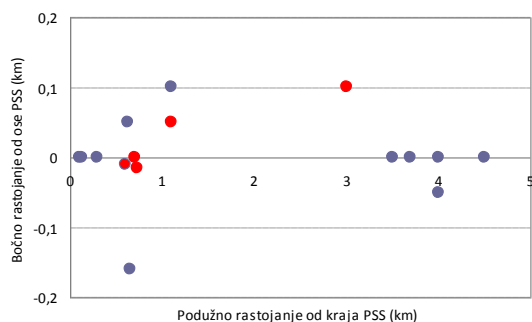
U radu je obrađen samo kraj poletno-sletne staze koji je bliži naseljenom mestu Ledine te se s toga razmatra samo broj operacija sa staze 12 za poletanje i broj operacija sletanja na stazu 30. Broj operacija u poslednjih nekoliko godina je u porastu, i u 2016. godini je iznosio 58.634. Usvojeno je da je broj operacija sletanja i poletanja u toku godine jednak. Takođe je usvojeno da se 60% od ukupnih operacija poletanja (17.590 poletanja) vrši sa staze 12, odnosno 40% od ukupnih operacija sletanja (11.727 sletanja) vrši na stazu 30 [3].

4.1. Modeliranje rizika

Modeliranje „rizika po treća lica“ za Aerodrom „Nikola Tesla“ u Beogradu zasnovano je na principima holandskog metoda sa tri modela a predstavljanje individualnog rizika na principima metoda Velike Britanije [10]. U prvoj fazi se izračunava verovatnoća nesreća (na godišnjem nivou i po tipu operacije). U drugoj fazi se utvrđuju lokacije posmatranih nesreća u usvojenom koordinatnom sistemu i funkcije raspodela verovatnoća nesreća. U poslednjem koraku se generišu konture individualnog rizika i procenjuje broj stanovnika za dalju procenu društvenog rizika [3].

Verovatnoća da se nesreća dogodi u okolini aerodroma na godišnjem nivou (P_g) računa se kao proizvod broja operacija na godišnjem nivou za svaki tip vazduhoplova (N_g) i broja nesreća na milion operacija prema tipu vazduhoplova (R). R je izračunat empirijski korišćenjem podataka o vazduhoplovnim nesrećama iz metoda Velike Britanije [3].

Za potrebu modeliranja lokacije nesreća obrađeni su podaci o vazduhoplovnim nesrećama na aerodromima u Evropi sličnim Aerodromu „Nikola Tesla“ u Beogradu (broj poletno-sletnih staza, broj operacija u 2016. godini, bez značajnih razlika u meteorološkim uslovima i geografskim karakteristikama). Ukupno 16 nesreća je identifikovano i uzeto u obzir [3]: 11 se desilo pri sletanju i 5 pri poletanju. Lokacije ovih nesreća su date na slici 5.



Slika 5 - Lokacije merodavnih nesreća [3]

Vazduhoplovne nesreće pri sletanju dešavaju se po Weibull-ovoj raspodeli, dok se pri poletanju nezgode dešavaju po Gama raspodeli [10]. Formule za funkcije raspodele za Weibull-ovu i Gama raspodelu su: $f(x,y) = g(y) \cdot h(x,y)$; pri čemu je $g(y)$ funkcija koja predstavlja uzdužnu lokaciju avionske nesreće na produženoj osi PSS u odnosu na koordinatni početak; a $h(x,y)$ funkcija koja predstavlja bočnu lokaciju avionske nesreće u odnosu na produženu osu poletno-sletne staze, a za koju je poznata uzdužna lokacija u odnosu na koordinatni početak.

Za proračun posledica nesreće potrebno je odrediti veličinu uništene oblasti koja zavisi od veličine i mase vazduhoplova i računa se po jednačini: $\text{Log}(A) = -6.36 + 0.49 \cdot \text{Log}(MTOW)$ pri čemu je A uništena oblast u hektarima i $MTOW$ maksimalna prosečna masa vazduhoplova izražena u kilogramima [3].

Individualni rizik predstavlja integral proizvoda funkcije raspodele verovatnoće za svaki tip operacije (poletanje/sletanje), prosečne stope nesreća po operaciji (poletanje/sletanje), i broja operacija (poletanje/sletanje) za svaku tačku u produžetku ose PSS. Modeliranje je vršeno u Matlab-u [3].

4.2. Scenariji

U radu su posmatrana dva scenarija: a) osnovni - sa obimom saobraćaja iz 2016. godine, i b) budući - sa saobraćajem iz 2016. povećanim za 20%. Konture rizika za oba scenarija su prikazane na slikama 6 i 7. Razlike u površini zemljišta pod određenim konturama su prikazane na slici 8.

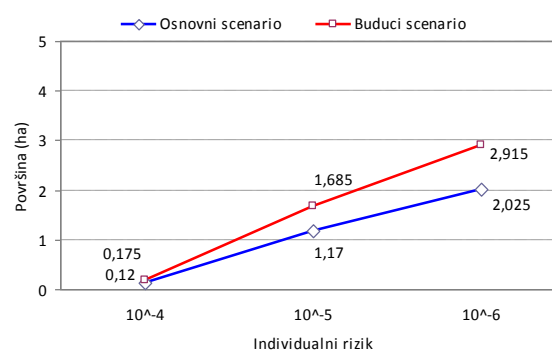
Evidentno je sa slike 8 da su u slučaju budućeg scenarija površine zahvaćene odgovarajućim konturama veće. Koliko su šire i duže pojedine konture može se uočiti na slici 9 (obojeni trouglovi predstavljaju konture u osnovnom scenariju).

Još jedna vrlo važna činjenica se uočava na slici 10 a to je veličina naselja pod konturom 10^{-6} u budućem scenariju. Ova slika je važna za analizu društvenog rizika jer unutar uokvirenog dela naselja stanuju, rade i borave ljudi, potencijalne žrtve udesa vazduhoplova.

Za određivanje društvenog rizika potrebno je raspolagati podacima iz popisa stanovništva koji u

ovom radu nisu bili dostupni. Takođe je potrebno sprovesti analizu kretanja ljudi kako bi se odredio broj ljudi tokom dana i tokom noći unutar posmatrane konture.

Prema nezvaničnim podacima iz popisa 2011. godine u naselju Ledine (koje je obuhvaćeno konturama rizika) popisano je 6.813 ljudi.

Slika 6 - Konture rizika – osnovni scenario (crvena linija – 10^{-4} , žuta linija – 10^{-5} , zelena linija – 10^{-6})Slika 7 - Konture rizika za budući scenario (crvena linija – 10^{-4} , žuta linija – 10^{-5} , zelena linija – 10^{-6})

Slika 8 - Površina zemljišta pod određenim konturama

U oblastima individualnog rizika 10^{-5} (žuta kontura) i 10^{-6} (zelena kontura) nalaze se mnogobrojni objekti - privatne kuće i stambene zgrade. U naselju su primećeni i objekti masovnog okupljanja poput akva parka, svećanih sala, škola i vrtića. Unutar konture 10^{-4} individualnog rizika nije utvrđeno postojanje stambenih objekata [3]. Uočavanje dela naselja pod

konturom 10^{-6} (Slika 10) može biti od posebnog značaja za nesmetani razvoj Aerodroma Nikola Tesla u Beogradu jer je neophodno doneti odgovarajuće mere za smanjenje „rizika po treća lica“ u njemu.



Slika 9 - Razlike u dimenzijama kontura (crvena linija – 10^{-4} , žuta linija – 10^{-5} , zelena linija – 10^{-6})



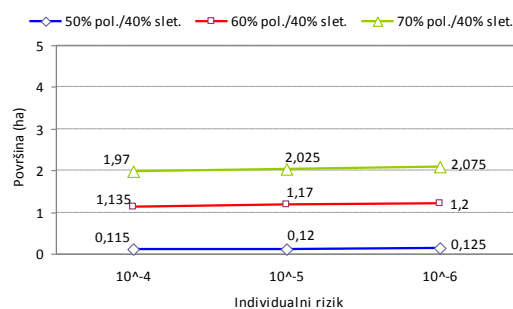
Slika 10 - Veličina naselja pod odgovarajućom konturom

4.3. Analiza osetljivosti

Pored pomenutih scenarija, dodatno su analizirani uticaji promene procenta poletanja sa staze 12 i procenta sletanja na stazu 30 na vrednost rizika i izgled kontura. U oba slučaja polazna osnova je bio osnovni scenario.

4.2.1. Uticaj promene broja poletanja

U ovom scenariju broj poletanja sa staze 12 je variran tako da su posmatrani slučajevi sa 50% (14.659 poletanja), 60% (osnovni scenario – 17.590 poletanja) i 70% (20.522 poletanja), uz nepromenjeni broj sletanja na stazu 30 (40%, 11.727 sletanja). Razlike u površini zemljišta pod određenim konturama su prikazane na slici 11. Evidentno je da promene broja poletanja ne utiču značajno na povećanje površine zemljišta u okolini aerodroma (promene broja poletanja za 20% utiču na povećanje površine zemljišta u dijapazonu od 5 - 8%).



Slika 11 - Uticaj promene broja poletanja na površinu zemljišta pod određenim konturama

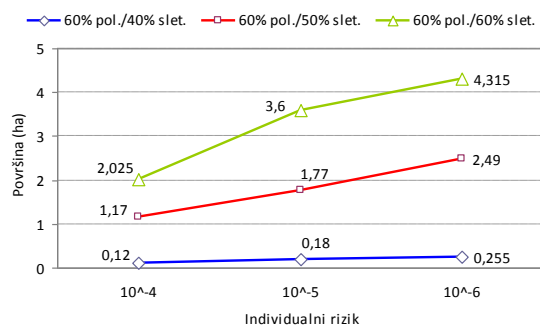
4.2.2. Uticaj promene broja sletanja

U ovom scenariju broj sletanja na stazu 30 je variran tako da su posmatrani slučajevi sa 40% (osnovni scenario – 11.727 sletanja), 50% (14.659 sletanja) i 60% (17.590 sletanja), uz nepromenjeni broj poletanja sa staze 12 (60%, 17.590 poletanja). Razlike u površini zemljišta pod određenim konturama su prikazane na slici 12.

Evidentno je da promene broja sletanja utiču značajno na povećanje površine zemljišta u okolini aerodroma (povećanje broja sletanja za 20% dovodi do dupliranja površina zemljišta).

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je analiziran problem „rizika po treća lica“ od udesa vazduhoplova u okolini aerodroma.



Slika 12 - Uticaj promene broja sletanja na površinu zemljišta pod određenim konturama

Objašnjena je potreba za ocenom ove vrste rizika kao i neizvesnosti prilikom njegovog proračuna. Priказani su načini kvantifikovanja rizika, faktori koji utiču na promenu vrednosti ili distribuciju rizika, potrebni podaci za procenu kao i proces procene rizika. Posebno su objašnjena i dva indikatora „rizika po treća lica“: individualni i društveni rizik.

Problem procene „rizika po treća lica“ je ilustrovan na primeru okoline Aerodroma „Nikola Tesla“ u Beogradu. Uočeno je da se unutar kontura individualnog rizika 10^{-5} i 10^{-6} nalazi veliki broj objekata. Analiziran je uticaj povećanja obima saobraćaja i konstatovano da bi on doveo do povećanja prostora pod uticajem rizika od udesa vazduhoplova. Ta činjenica vodi i do povećanja društvenog rizika usled velike gustine naseljenosti u naselju u neposrednoj okolini aerodroma. Sa druge strane analiziran je i uticaj promene broja poletanja i broja sletanja na veličinu rizičnog prostora. Uočena je veća osetljivost na promenu broja sletanja nego poletanja. Ovo je očekivano s obzirom na to da je broj nesreća koje se dešavaju pri sletanju znatno veći od broja nesreća koje se dešavaju pri poletanju, pa je samim tim i veća verovatnoća da će operacije sletanja imati veći uticaj na promene kontura.

Neminovno je da ukoliko se neplanska gradnja ne zaustavi budućnost aerodroma će biti krajnje ograničena, a u smislu razvoja neodrživa na ovoj lokaciji. S tim u vezi neophodno je kontrolisati izgradnju svih objekata, posebno osetljivih poput škola, benzinskih pumpi i slično. Važno je razmotriti i lokacije vatrogasnih jedinica kao i procedure u kriznim situacijama.

Kroz primer Aerodroma Nikola Tesla u Beogradu se zaključuje da je pitanje „rizika po treća lica“ važno razmatrati mnogo pre nego što potreba za njim postane očigledna. Od ključne važnosti je omogućavanje planiranog rasta i razvoja aerodroma, tj. sprovođenje urbanističkih planova koji su koordinisani sa planovima razvoja aerodroma a koji treba da obuhvate i procenu rizika od vazdušnog saobraćaja.

6. ZAHVALNICA

Rad drugog autora je finansiran sredstvima projekta TR 36033 Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Netjasov F, Metodi ocene bezbednosti vazdušne plovodbe (ISBN 978-86-7395-309-0). *Saobraćajni fakultet*, Beograd, 2016.
- [2] Boeing, *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, Worldwide Operations: 1959 – 2016*, Boeing Commercial Airplanes, Seattle, USA, 2016.
- [3] Đorem M, *Rizik od povrede trećih lica u okolini aerodroma i određivanje bezbednosnih zona*, Master rad, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2017.
- [4] *around airport – developments in 1990s and future directions*, Det Norske Veritas, United Kingdom.
- [5] Netjasov F, Janic M, A Review of the Research on Risk and Safety Modelling in Civil Aviation, *Proceedings of Third International Conference on Research In Air Transportation - ICRAT*, Fairfax, USA, 2008a.
- [6] Netjasov F, Janic M, A review of research on risk and safety modelling in civil aviation, *Journal of Air Traffic Management*, Vol. 14, pp. 213– 220, 2008b.
- [7] Ale B, Risk Assessment Practices in the Netherlands, *Safety Science*, Vol. 40, pp. 105 –126, 2002.
- [8] Hale A, Risk Contours and Risk Management Criteria for Safety at Major Airports, with Particular Reference to the Case of Schiphol, *Safety Science*, Vol. 40, pp. 299–323, 2002.
- [9] Zurich airport, *Assessment of third party risk around Zürich airport*, Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL, Switzerland, 2016.
- [10] Kent D, Mason S, *Individual Risk Contours as a Method for Determining Public Safety Zones at UK Airports*, National Air Traffic Services, London, UK, 2001.

SUMMARY

THIRD PARTY RISK MODELLING IN SURROUNDING OF AIRPORT NIKOLA TESLA IN BELGRADE

One of important safety issues in surroundings of contemporary airports is third party risk, i.e. fatality risk for individuals living, working or residing in airport vicinity caused by aircraft accident. Principles of modelling and estimation of third party risk as well as possible usage of modelling results are described in this paper. Existing models are briefly introduced with two basic third party risk indicators: individual and societal risks. An example of modelling of third party risk has been shown in case of Airport Nikola Tesla in Belgrade (only surrounding in south-east direction). Sensitivity analysis of risks values on changes of traffic volume and changes of share of departures from runway 12 and landings on runway 30 have been performed. It was found that risk increases with traffic volume as well as that risk values are more sensitive on changes in number of landings.

Key words: airport, safety, third party risk