

Utjecaj zaleđivanja zrakoplova na letačke operacije

Vincetić, Lana

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:397986>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-04**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Lana Vincetić

UTJECAJ ZALEĐIVANJA ZRAKOPLOVA NA
LETAČKE OPERACIJE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, kolovoz 2020.

Zagreb, 8. svibnja 2020.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Eksploatacija i održavanje zrakoplova**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6015

Pristupnik: **Lana Vincetić (0135192001)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Utjecaj zaleđivanja zrakoplova na letačke operacije**

Opis zadatka:

U radu je potrebno opisati meteorološke uvjete nastanka zaleđivanja zrakoplova, te posljedice na performase i sigurnost zrakoplova. Nakon toga dati pregled konstrukcijskih rješenja za sprječavanje zaleđivanja.

Analizirati propise i ustaljenu praksu u zaštiti od zaleđivanja, te obveze i postupke aerodromskih službi i letačkih posada u zaštiti od zaleđivanja.

Na izabranom primjeru zrakoplova i zračnoga prijevoznika opisati i analizirati postupke u slučaju kad se očekuje zaleđivanje zrakoplova.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

prof. dr. sc. Ernest Bazijanac

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ ZALEĐIVANJA ZRAKOPLOVA NA LETAČKE
OPERACIJE**

AIRCRAFT ICING EFFECT ON FLIGHT OPERATIONS

Mentor: prof. dr. sc. Ernest Bazijanac

Student: Lana Vincetić

JMBAG: 0135192001

Zagreb, kolovoz 2020.

UTJECAJ ZALEĐIVANJA ZRAKOPLOVA NA LETAČKE OPERACIJE

SAŽETAK

Zaleđivanje zrakoplova je pojava koja se događa zimi na zemlji, ali i tijekom cijele godine, u letu. Zbog toga svi zrakoplovi, ali i zračne luke, imaju razvijene sustave i procedure za zaštitu od zaleđivanja. Sigurnost zrakoplovnih operacija je na prvom mjestu svim sudionicima zračnog prijevoza te su se zbog toga zračni prijevoznici i zračne luke dužne držati preporuka, ali i propisa izdanih od strane agencija, organizacija i država. To se postiže detaljnim školovanjem i redovnim osvježavanjem znanja u školskim centrima operatora i zračne luke.

KLJUČNE RIJEČI: zaleđivanje zrakoplova; zaštita od zaleđivanja; regulativa, propisi i školovanje osoblja

SUMMARY:

Aircraft icing is a phenomenon that, during winter, occurs on the ground, but also throughout the year, in flight. Therefore, all aircraft and airports, have developed systems and procedures for icing protection. The safety of flight operation is a priority for everyone involved in air transport, and therefore all airlines and airports are obliged to comply with regulations and recommendations issued by aviation agencies and organizations as well as the ones issued by the countries themselves. This is achieved through detailed training and regular refresher courses at the operator and airport training centers.

KEYWORDS: aircraft icing; aircraft de/anti-icing; regulation, rules and staff training

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Meteorološki uvjeti nastanka zaleđivanja	2
2.1. Meteorološki elementi.....	2
2.2. Meteo podaci	4
3. Principi zaštite od zaleđivanja	7
3.1. Posljedice zaleđivanja i utjecaj na performanse	8
3.2. Zaštita kemijskim sredstvima.....	9
3.3. Zaštita od zaleđivanja toplim zrakom.....	16
3.4. Ostali postupci za zaštitu od snijega i leda	17
3.5. Postupci za zaštitu od zaleđivanja u letu	18
3.6. Primjer korištenja neadekvatnih postupaka u zaštiti od zaleđivanja ili njihovo potpuno nekorištenje.....	21
4. Regulatorna, propisi i ustaljena praksa u zaštiti od zaleđivanja	23
5. Školovanje osoblja, aerodromskih službi i letачkih posada	25
6. Normalne i izvanredne situacije u periodu kada se očekuje zaleđivanje zrakoplova	27
6.1. Čišćenje manevarskih površina i stajanke od snijega i leda	27
6.2. Pravilno korištenje aerodromskih strojeva za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja zrakoplova.....	29
6.3. Period trajanja zaštite nakon procedure nanošenja kemikalije	30
6.4. Rad sustava za zaštitu od zaleđivanja u zrakoplovu: problemi u radu.....	31
6.5. Redoslijed aktivnosti na Zračnoj luci Franjo Tuđman u slučaju potrebe za odleđivanjem.....	32
7. Zaključak	37
Literatura	38
Popis slika	39

1. Uvod

Zaleđivanje je jedan od najnepovoljnijih meteoroloških fenomena koji izrazito nepovoljno djeluje na performanse zrakoplova. Prvenstveno se ovo odnosi na smanjivanje uzgona krila i povećanje otpora kako krila tako i ostalih površina zrakoplova prekrivenih snijegom ili ledom. Osim toga, zaleđivanje može blokirati komande zrakoplova ako se led nakupi u prostoru krilaca ili horizontalnog stabilizatora, također može oštetiti zakrilca (*flapsove*) prilikom razbacivanja snijega i leda po njima tijekom zatrčavanja u polijetanju, a isto se odnosi i na mogućnost oštećenja stalnog trapa. Fenomen zaleđivanja i njegov nepovoljan utjecaj su odavno poznati u zrakoplovstvu, što je dovelo do niza mjera, ali i redovnog školovanja aerodromskih službi i letačkih posada, koje su se tijekom godina razvijale u svrhu odleđivanja i sprečavanja daljnjeg zaleđivanja zrakoplova, kao i održavanja aerodromskih površina. Utjecaj zaleđivanja zrakoplova na letačke operacije u diplomskom radu je istraživan i opisan kroz sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Meteorološki uvjeti nastanka zaleđivanja
3. Principi zaštite od zaleđivanja
4. Regulatorna, propisi i ustaljena praksa u zaštiti od zaleđivanja
5. Školovanje osoblja, aerodromskih službi i letačkih posada
6. Normalne i izvanredne situacije u periodu kada se očekuje zaleđivanje zrakoplova
7. Zaključak

Zakon o zračnoj plovidbi Republike Hrvatske definira metode i mjere koje su obvezne u zimskim operacijama, ali ne određuje način i redoslijed postupaka koje koriste operatori zrakoplova i nadležne aerodromske službe. Svaka od ovih institucija je dužna napraviti svoje detaljne procedure i načine rada, te ih publicirati u obliku priručnika, koji moraju biti odobreni od strane regulatora. U ovom diplomskom radu su upotrebljeni podaci koje koriste zrakoplovne kompanije i aerodromske službe.

2. Meteorološki uvjeti nastanka zaleđivanja

Zaleđivanje zrakoplova na zemlji je pojava koja nastaje isključivo u zimskom periodu, odnosno od kasne jeseni i pojave prvih mrazeva do ranog proljeća kad uvjeti za zaleđivanje nestaju. Za razliku od uvjeta na zemlji, zaleđivanje u letu nastaje u bilo koje doba godine prilikom prolaska kroz oblak ili padaline ako je temperatura na visini leta ispod nula Celzijevih stupnjeva. Dakle, za zaleđivanje su neophodna dva uvjeta:

- voda
- niska temperatura.

2.1. Meteorološki elementi

U zraku se uvijek nalazi određena količina vodene pare, ali za zaleđivanje je potrebno kondenziranje vodene pare u vidljivi oblik: mraz, maglu, kišu, susnežicu ili snijeg. Vodena para se može pretvoriti iz plinovitog u tekući oblik (kondenzacija) ili direktno u led, bez tekuće međufaze (sublimacija).

Na zrakoplovu se mogu nagomilati razne vrste leda zbog različitih meteoroloških uvjeta: [1]

- susnežica i snijeg koji se zadržavaju na zrakoplovu. Ove padaline nastaju iz oblaka vrste Stratusa ili Nimbostratusa, te mogu biti dugotrajne i na zrakoplovu stvoriti velike naslage snijega
- inje koje nastaje na hladnim dijelovima zrakoplova zbog sublimacije vodene pare iz zraka, pri čemu temperatura zraka ne mora biti negativna, iako se u principu podrazumijeva da je temperatura duži period bila ispod nule. Može se dogoditi situacija da zrakoplov dođe s leta, gorivo u krilnim spremnicima je izuzetno hladno i tada se na oplati krila s donje strane stvara tanki sloj mraza, iako je temperatura zraka iznad nule, čak i preko desetak stupnjeva
- ledena kiša (*freezing rain*) koja nastaje kada je podloga jako hladna (zemlja i objekti na zemlji), temperatura podloge je ispod nule, a iz oblaka pada kiša koja

se trenutno zaledi kada se razlije po hladnim površinama. Na ovaj način mogu nastati debeli slojevi leda na zrakoplovu, led je proziran i relativno gladak

- letenje kroz oblak stvara led na napadnim ivicama krila i stabilizatora, kao i na svim dijelovima zrakoplova izloženim struji zraka. Ovaj led se lako odstranjuje uređajem za odleđivanje i u principu predstavlja manji problem od naslaga leda na zemlji. Izuzetak je letenje kroz olujni oblak Cumulonimbus, koji sadrži veliku količinu vode i leda i zaleđivanje u njemu može biti intenzivno. Količina stvorenog leda zavisi od veličine kišnih kapi i brzine leta, odnosno svaki oblak ima drugačije parametre koji utječu na zaleđivanje. Oblaci u stabilnoj atmosferi, kao što su sivi, gusti Stratusi stvaraju manje leda od onih u nestabilnoj atmosferi, kao što su Cumulusi congestusi i Cumulonimbusi
- led koji nastane zbog zaleđivanja prethodno otopljenog snijega na površinama zrakoplova. Taj se otopljeni snijeg ne osuši, nego ostane kao voda ili u obliku krpa raskvašenog snijega na površinama zrakoplova. Tijekom hladnih noći se ova voda opet zaledi i stvara nepravilne površine hrapavog leda na zrakoplovu
- fenomen prehlađenih kišnih kapi (*supercooled droplets*), koji se sastoji u tome da kiša može u oblacima postojati u tekućem obliku do jako niskih temperatura, fizikalno objašnjenje je da se nalazi u izuzetno stabilnom stanju, a bilo koji utjecaj koji izbacuje vodene kapi iz tog stabilnog stanja izaziva njihovo trenutno zaleđivanje
- magla koja se zamrzava (*freezing fog*), manifestira se u tome da se tijekom hladnih, maglovitih dana i noći zrakoplov prekrije tankim, jednolikim slojem leda zbog kontakta površine zrakoplova s jako sitnim kapljicama magle, koje se zamrznu u dodiru s hladnim površinama zrakoplova.

Iz navedenih primjera se može vidjeti da zaleđivanje zrakoplova nastaje u dva meteorološka modela:

- kada je vlaga u zraku vidljiva, odnosno vodena para kondenzacijom prelazi u kapi ili snježne pahuljice
- kada je vlaga u zraku nevidljiva, ali se kondenzira u obliku mraza na hladnim površinama zrakoplova.

Za nastanak zaleđivanja u letu važna je i stabilnost zračnih masa, odnosno prolazak frontalnih površina preko nekog područja. Frontovi predstavljaju granično područje između dvije zračne mase različitih temperatura i vlažnosti, pri čemu svaka zračna masa djeluje na zaleđivanje na određeni način.[2] Frontovi koji se kreću sporije stvaraju oblake koji su manje opasni za zaleđivanje jer je strujanje zraka u njima stabilnije. Najopasniji su brzopokretni hladni frontovi, koji svojim kretanjem izbacuju veliku količinu zraka uvis, taj zrak se naglo hladi i vodena para kondenzira, te nastaje oblak s velikom količinom vode i leda - Cumulonimbus.[2] Zaleđivanje u Cumulonimbusu je intenzivno i opasno, velika količina leda se brzo taloži na površinama zrakoplova i takvi oblaci se u pravilu izbjegavaju.



Slika 1. Hrapavi led na krilu zrakoplova [3]

2.2. Meteo podaci

Osoblje koje dolazi u kontakt s uvjetima zaleđivanja mora poznavati meteo situaciju koja predstavlja rizik za zaleđivanje, tako da se može boriti s problemom na pravi način. Meteorološka služba prezentira podatke koji služe za analizu situacije, odnosno mogućnosti i rizika zaleđivanja. Ovi podaci se odnose na temperaturu i padaline, kako

za zemaljske službe tako i za zrakoplovno osoblje. Pravilno poznavanje i tumačenje situacije i meteo podataka je od iznimne važnosti za postizanje maksimalne sigurnosti zrakoplovnih operacija. Kada je u pitanju zaleđivanje zrakoplova i zaštita od zaleđivanja niti najmanja neodgovornost nije dozvoljena.

Meteorološka situacija se prati neprekidno od strane meteo službe na zračnoj luci, koja je dužna izdavati meteo izvješća u redovnim periodima, od 30 minuta ili sat vremena, zavisno od zračne luke i gustoće prometa.[1] Ukoliko se meteo situacija značajno promijeni u kraćem periodu, izdaje se novo meteo izvješće s posljednjim podacima, neovisno o regularnosti redovnih izdavanja.

Meteo izvješće sadrži sve podatke potrebne zrakoplovnom osoblju, uključujući i *Snowtam* na kraju izvješća, odnosno podatak o talogu na manevarskim površinama (snijeg, led, razmočeni snijeg).

Primjer meteo podataka:

Meteo podaci za Ankaru: vidljivost 2000 metara, snijeg, sumaglica, oblaci na 8000 stopa, temperatura: -5 stupnjeva Celzija.[4] Ovakav meteo podatak jasno ukazuje da će postojati potreba za odleđivanjem zrakoplova, tako da službe koje u tome sudjeluju budu spremne reagirati odmah po pozivu.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
METAR	LTAC	140620Z	26005KT	2000	-SN BR	BKN030	OVC080	M05/M06	Q1013
	10		11						
	RESN	R03R4/0151	R21L1/0152	BECMG	4000	=			

Slika 2. Meteo podaci za Ankaru [5]

Iz slike 2. je vidljivo očitavanje prema oznakama: [4]

1. METAR - meteo izvješće za zračnu luku o trenutnoj meteo situaciji
2. LTAC - Zračna luka Ankara
3. 140620 - izvješće izdano 14. dana u mjesecu, 06.20 UTC
4. 26005 - vjetar iz pravca 260 stupnjeva, brzina 5 čvorova
5. 2000 - vidljivost 2000 metara

6. -SN BR - pada slab snijeg uz sumaglicu
7. BKN 030 OVC 080 - oblaci: *Broken* - većinom prekriveno nebo na 3000 stopa visine
Overcast - potpuno pokriveno nebo na 8000 stopa visine
8. M5/M06 - temperatura zraka minus 5/temperatura točke rose minus 6 Celzija
9. Q 1013 - tlak zraka na nivou mora QNH - 1013 hektopaskala
10. RESN - *Recent snow*, u prethodnom periodu meteo situacije je padao snijeg
R03R4/0151 - *Runway 03 Right*, desna uzletno-sletna staza – USS-a, stanje snježnog taloga na USS-i
R21L1/0152 - *Runway 21 Left*, lijeva USS-a, stanje snježnog taloga na USS-i
11. BECMG 4000 - očekivana situacija u naredna 2 sata je 4000 metara vidljivosti.

Temperatura točke rose je temperatura na koju se trenutna temperatura zraka treba spustiti da bi došlo do kondenzacije ili sublimacije vodene pare i nastanka magle. Kondenzacija je stvaranje kapljica vode, sublimacija stvaranje sitnih kristalića leda. Magla se sastoji od jednih ili drugih, zavisno je li temperatura ispod nule ili iznad nule.[4]

Oznake za R03R i R21L se zovu *Snowtam* i dešifriraju se pomoću podataka iz tablice *Snowtam Code*. Tablica pokazuje sve podatke neophodne zrakoplovnom osoblju za upoznavanje sa stanjem manevarskih površina i stajanke.[4]

3. Principi zaštite od zaleđivanja

Svi zrakoplovi komercijalne kategorije imaju sustave za zaštitu od zaleđivanja, kao i mnogi mali zrakoplovi za privatnu uporabu, a nema ih samo određeni broj manjih zrakoplova za sportsko i amatersko letenje. Sustavi se koriste na zemlji i u letu, a njihov način korištenja propisuje svaki proizvođač zrakoplova i publicira ih u odgovarajućim dokumentima (*Flight Crew Operations Manual - FCOM, System description, Standard Operating Procedures*).

Zaštita od zaleđivanja i odleđivanje zrakoplova su definirani pravilnicima u kojima je navedeno na koji se način i kojim redom vrši zaštita. Na taj način se definiraju principi koji moraju biti ispoštovani kako bi se izvršila zaštita od zaleđivanja bez neprihvatljivih kompromisa:

- odgovornost zapovjednika zrakoplova
- odgovornost tehničkog osoblja zrakoplovne kompanije
- odgovornost osoblja aerodromskih službi koje pružaju uslugu zaštite od zaleđivanja.

Ove odgovornosti su navedene i definirane u dokumentu (*Ground Operations Manual - GOM, De-icing Manual*) svake zrakoplovne kompanije i taj dokument služi kao osnova po kojima se odvijaju navedene aktivnosti.

Sustavi koji se koriste za zaštitu od zaleđivanja na aerodromima:

- sustavi za zaštitu zrakoplova
- sustavi za uklanjanje snijega i leda s manevarskih površina i stajanke.

Zaštita od zaleđivanja se vrši kemikalijama i toplim zrakom, a najnoviji sustavi zaštite uključuju infracrvene grijače postavljene na strop hangara kroz koji prolazi zrakoplov, koji potpuno tope snijeg i led neposredno ispred uzletno-sletne staze. Ovaj sustav je još uvijek u razvoju i relativno malo korišten zbog velikih troškova i potrebe izgradnje posebnih objekata, ali je ekološki najprihvatljiviji jer nema apsolutno nikakvog zagađenja.

Zapovjednik zrakoplova je dužan definirati potrebu za odleđivanjem i zaštitom od zaleđivanja te zahtjev iskoordinirati s tehničkim osobljem i aerodromskom službom.

3.1. Posljedice zaleđivanja i utjecaj na performanse

Krilo zrakoplova je izuzetno delikatan i zahtjevan tehnički proizvod za čiju izradu je potrebno uzeti u obzir sve elemente koji će na to krilo utjecati u normalnom segmentu eksploatacije. Kod konstrukcije krila bitno je odrediti slijeće karakteristike[4]:

- oblik aeroprofila, njegove karakteristike u raznim režimima leta i ponašanje na malim brzinama te na temelju ispitivanja u zračnim tunelima ustanoviti koji oblik daje odgovarajući koeficijent uzgona
- oblik i veličinu krila te pretkrilca i zakrilca
- način i kvalitetu izrade oplata krila, jer samo glatka površina oplata krila garantira pravilno strujanje zraka i na taj način razliku tlaka između gornje i donje površine, što je osnovni uvjet za stvaranje uzgona.

Prilikom određivanja tehničkih standarda za navedene karakteristike konstruktori računaju uvijek samo na potpuno čisto krilo, bez ikakvog taloga na njemu. Naravno, tijekom korištenja zrakoplova krilo nikada ne bude potpuno čisto, na njemu ostaju tragovi kukaca, prašine, eventualno masne mrlje kod radova na motoru i slično. Ove nečistoće su relativno male i beznačajne i ne utječu puno na pravilnost strujanja zraka oko krila i samim time stvaranja uzgona.

Led na krilu zrakoplova je problematičan jer se uvijek na krilu skuplja puno veća količina leda nego što je slučaj s mušicama i prašinom i to u znatno debljem sloju. Led nema jednaku debljinu i strukturu na krilu i zbog toga dovodi do poremećaja protoka zraka preko krila.

Strujanje preko krila se dijeli na laminarno (pravilno, prati oblik aeroprofila krila) i turbulentno (nepravilno, dolazi do vrtloženja). Led na krilu mijenja odnos laminarnog i turbulentnog strujanja na štetu laminarnog, odnosno vrtloženje koje led izaziva zbog svoje nejednake debljine i hrapavosti u velikoj mjeri ili potpuno neutralizira laminarno

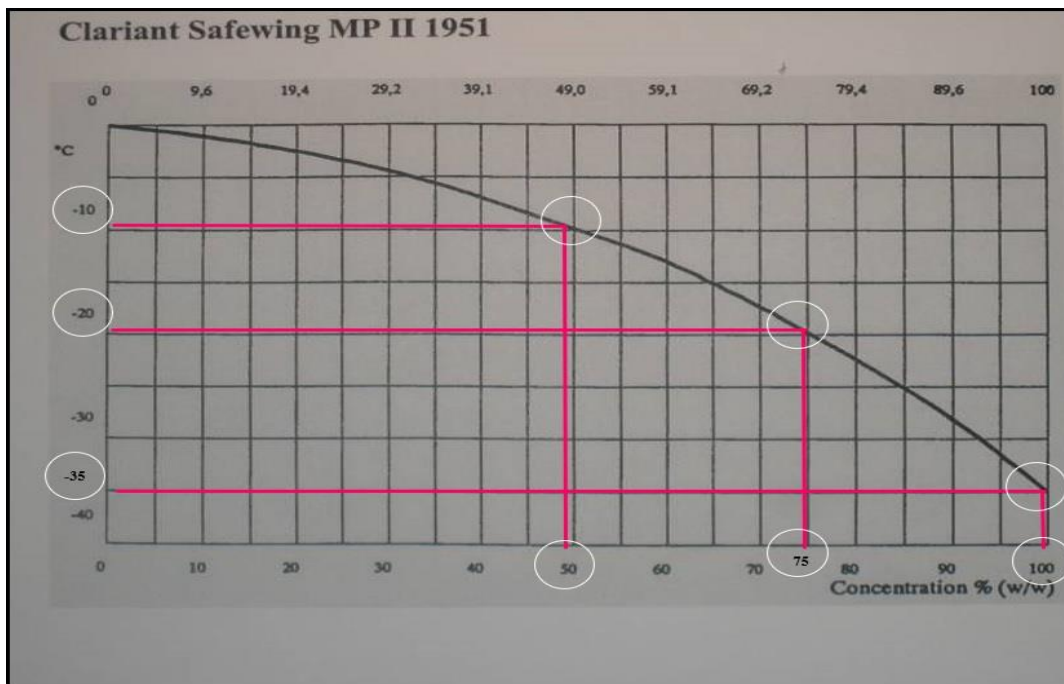
strujanje. Na taj način se više ne ostvaruje projektna razlika tlakova između gornje i donje površine krila i dolazi do smanjivanja sile uzgona, a može uzrokovati i pojavu sloma uzgona.

Osim utjecaja na smanjenje ili slom uzgona led još utječe i na povećanje otpora jer svaki nepoželjan dodatak na oplati krila povećava otpor. To se odnosi na mušice, prašinu i led, s tim što je otpor zbog nanosa leda na krilu daleko najveći.

Led je veliki problem za performanse zrakoplova i njegov negativan utjecaj je toliko velik da se uvijek mora odstraniti s krila i drugih dijelova zrakoplova. Otpor se povećava i na drugim dijelovima, ne samo na krilima. Tanki slojinja se smije uhvatiti na krilu s donje strane, uz korijen blizu trupa, jer je nepovoljan utjecaj s donje površine manji nego s gornje površine, odnosno turbulentno strujanje na donjoj površini je manje kritično. Na gornjoj površini ne smije biti niti maloinja ili drugog oblika leda.[4]

3.2. Zaštita kemijskim sredstvima

Kemijska sredstva uklanjaju naslage snijega i leda i onemogućavaju njihovo ponovno taloženje u određenom periodu. Ove kemikalije se nazivaju *De-icing fluids* (tekućine za odleđivanje) i u osnovi njihovih smjesa se nalazi glikol. Karakteristika glikola je niska temperatura ledišta (-28 stupnjeva Celzija), a kada se pomiješa s vodom dobije se eutektična smjesa, što znači da se temperatura ledišta još više snižava i znatno je niža od najniže temperature ledišta svakog pojedinog sastojka, a to vrijedi za kemikaliju *Type 1*, opisanu dalje u tekstu [1]. Ostalim tekućinama za odleđivanje se dodatkom vode povisuje točka ledišta, kao što je vidljivo na slici 3.



Slika 3. Točka ledišta/koncentracija tekućine [6]

Nedostatak glikola je što je prilično otrovan, odnosno ekološki uvjetno prihvatljiv, pa se koristi propilen glikol koji je ipak manje otrovan od ostalih glikola. Kako bi se smanjio štetan utjecaj na okolinu, na nekim aerodromima se ova kemikalija skuplja kroz rešetke u podzemna spremišta, ide na reciklažu i ponovno korištenje. Opisani postupak znatno poskupljuje cijelu proceduru zaštite od zaleđivanja, ali je ekološki puno prihvatljiviji od rasipanja kemikalije po okolini.

Tekućine za odleđivanje se proizvode i prodaju u 4 različite kategorije:[1]

- *Type 1* je kemikalija koja se sastoji samo od glikola s dodacima, ali bez sredstava za zgušnjavanje (*No - Thickening Agent*). Narančaste je boje i koristi se uglavnom za skidanje snijega i leda sa zrakoplova, ali je zaštita od novih naslaga vrlo kratka i nedovoljna. U slučajevima mraza na zrakoplovu, bez snježnih padalina, može se koristiti za zaštitu jer je brzina stvaranja novog mraza jako mala, pa se neće stvoriti prije polijetanja. Međutim, za zaštitu od snježnih padalina i jačeg stvaranja leda ova kemikalija se ne koristi.
- *Type 2* se sastoji od glikola i polimernih dodataka koji zgušnjavaju kemikaliju (*Thickening agent*) i stvara se određena vrsta gela koji se lijepi za površine zrakoplova. Ovaj gel onemogućava stvaranje novih naslaga snijega i leda u

određenom periodu, a tijekom polijetanja struja zraka očisti gel i krilo je glatko i bez naslaga kemikalije ili leda. Koristi se za zrakoplove s većim brzinama polijetanja, preko 100 čvorova (180 km/h). *Type 2* je bezbojan.

- *Type 3* je sličan *Type 2*, ali se očisti strujanjem zraka na manjim brzinama nego *Type 2*, pa je pogodan za manje zrakoplove. Žute je boje i na velikim zrakoplovima se ne koristi jer ne osigurava zaštitu od novih naslaga snijega i leda tijekom polijetanja, na većim brzinama. Trenutno se koristi samo u Torontu, Kanadi.
- *Type 4* je u osnovi jednak kao *Type 2*, ali pruža dužu zaštitu od stvaranja novih naslaga snijega i leda. Zelene je boje i uglavnom se koristi za zaštitu na većini aerodroma.

Tekućina za odleđivanje (*De-icing/Anti-icing Fluid*) se nanosi na površinu zrakoplova iz odgovarajućih kamiona - cisterni, a priprema za korištenje je proces koji se mora ispoštovati do detalja. Pri tome su dvije stvari bitne: [1]

- vrijeme zagrijavanja tekućine (vrijeme grijanja je važno zbog toga što naglo grijanje oštećuje strukturu molekula smjese i veze između tekućine i zgušnjivača popuštaju, a grijanje se radi do temperature i na način koji određuje proizvođač),
- način nanošenja kroz brizgaljke iz kamiona (za nanošenje tekućine potrebno je koristiti samo atestirane brizgaljke koje pravilno raspršuju sredstvo, jer nepravilan rad također oštećuje strukturu kemikalije).

Tablica 1. Kemikalije za zaštitu

TEKUĆINA	BOJA	VRIJEME TRAJANJA ZAŠTITE (h)	BRZINA POLIJETANJA
TYPE I	NARANČASTA	0:06-0:11	BEZ MINIMUMA
TYPE II	BEZBOJNA	0:20-0:45	100 ČVOROVA
TYPE III	ŽUTA	0:10-0:20	60 ČVOROVA
TYPE IV	ZELENA	0:35-1:15	100 ČVOROVA

Izvor: Autor se poziva na izvor [7]

Postupak zaštite od zaleđivanja se dijeli u dvije faze:

- *De-icing*, čišćenje već postojećih naslaga leda i snijega
- *Anti-icing*, zaštita od stvaranja novih naslaga snijega i leda.

De-icing odnosno čišćenje snijega i leda se vrši uglavnom kemikalijom *Type 1*, ugrijanom na temperaturu od 60°C, a u određenim slučajevima može i vrućom vodom, ako padaline nisu intenzivne i temperatura nije niska. Nakon čišćenja kemikalijom *Type 1* slijedi zaštita od novih naslaga (*Anti-icing*) kemikalijom *Type 2* ili *Type 4*. Ovaj postupak se zove „*Two Step Procedure*“ - prvo čišćenje pa nakon toga zaštita. Primjenjuje se kada na zrakoplovu ima dosta snijega koji treba prvo maknuti pa tek onda napraviti zaštitu. Drugi postupak je „*One Step Procedure*“, kada na zrakoplovu nema puno naslaga, pa nema potrebe za posebnim čišćenjem. Tada se koristi ugrijani *Type 4* koji istovremeno očisti manji talog na krilima i omogućava zaštitu od novih naslaga.

Type 1 se koristi uvijek ugrijan, a *Type 2* ili *4* ne moraju biti ugrijani, zavisno o redoslijedu procedura. Način i redoslijed nanošenja je definiran dokumentima mjerodavnim za zemaljsko osoblje koje je za taj posao obrazovano i izvježbano.[1]

Načini nanošenja kemijske zaštite na zrakoplov:[1]

- krila od napadne ivice prema izlaznoj ivici, od krajeva prema korijenu. Na taj način se osigurava cijedeenje kemikalije niz krilo (slika 4.)
- horizontalni stabilizatori, jednako kao krila (slika 5.)
- motori se ne štite kemikalijom i nije dozvoljeno nanošenje u kompresor
- izbjegavanje nanošenja na prozore pilotske kabine
- izbjegavanje nanošenja na kotače i stajni trap
- APU usisnik treba izbjegavati, jer kemikalija lako dođe u sustav za klimatizaciju koji dobiva zrak iz APU-a, a glikol je toksičan za udisanje (procedura u pilotskoj kabini nalaže isključivanje ventila za zrak koji dolazi u klimatizaciju)
- trup i vertikalni stabilizator se očiste od debljih naslaga snijega i leda, ali daljnja zaštita nije potrebna. Ako naslage nisu velike, kao i tijekom laganih padalina nema potrebe čistiti trup jer nije uzgonska površina

- izbjegavanje nanošenja na pitot cijevi i statičke otvore.



Slika 4. odleđivanje krila kemikalijom Type 1[8]



Slika 5. Odleđivanje repnih površina kemikalijom Type 1[8]

Jedna od bitnih stavki kod odleđivanja zrakoplova je i vrijeme trajanja zaštite (*Holdover Time - HOT*). To je vrijeme u kojem proizvođač kemikalije garantira da će glikolna smjesa štiti površine od stvaranja novih naslaga snijega i leda. HOT zavisi o tipu kemikalije, postotku vode u smjesi, količini padalina i temperaturi zraka. U smjesu se može dodati voda do 50%, pri čemu se vrijeme trajanja zaštite smanjuje, a količina dodane vode zavisi o temperaturi zraka. U tablicama (*Holdover Times Tables*), koje se nalaze i u zrakoplovnim dokumentima, je naveden ovaj period zaštite, pri čemu za kemikaliju *Type 1* količina vode u smjesi ne igra ulogu, a za ostale tipove se daju vrijednosti u tablici zavisnosti od količine vode u smjesi i vanjske temperature.[1]

Tablice određuju period zaštite za razne meteo situacije, od mraza do snijega. Zapovjednik zrakoplova je dužan uzeti u obzir vrijednosti iz tablica za konkretan tip kemikalije, meteo situaciju, ali i temperaturu oplata (ako je zrakoplov dulje vrijeme stajao parkiran) te odlučiti koliki postotak i koju proceduru treba koristiti.

HOT određuje minimalno i maksimalno vrijeme trajanja zaštite, a ukoliko ovo maksimalno vrijeme istekne, a zrakoplov ne poleti, polijetanje više nije dopušteno. U tom slučaju procedura nalaže povratak na stajanku i ponavljanje zaštite. Tada je obavezno očistiti prethodni sloj kemikalije i nanijeti novi sloj na čisto krilo i ostale površine. Nanošenje kemikalije na prethodni sloj nije dopušteno. Zapovjednik zrakoplova ima apsolutnu odgovornost za izvršenje procedure točno po propisima, a bilo kakav kompromis može nepovoljno utjecati na aerodinamiku krila.

Kao što je već ranije spomenuto, zapovjednik zrakoplova je dužan odrediti način i postupak zaštite zrakoplova od zaleđivanja. U tablicama se odredi postotak kemikalije i vode te u odnosu na meteo situaciju i temperaturu definira postupak odleđivanja.[4] Izuzetno je važno iskoordinirati sve detalje sa zemaljskim osobljem, odnosno tehničkom službom i aerodromskom službom koja radi zaštitu. Tehničku službu može sačinjavati osoblje zrakoplovne kompanije, a može i osoblje prihvata i otpreme zrakoplova. Aerodromi propisuju svoj način rada i ne postoji jednoobrazni model.

Prije nanošenja kemikalije na površine zrakoplova posada u pilotskoj kabini je dužna odraditi proceduru navedenu u priručniku (npr. *A-320:Flight Crew Operations Manual, Adversed Weather Opeartions*) te se nanošenje vrši tek kad zapovjednik zrakoplova obavijesti zemaljsko osoblje.

Nanošenje tekućine za odleđivanje se radi po redoslijedu kako je navedeno u priručniku aerodromskog osoblja i ono je dužno voditi računa o redu nanošenja kemikalije. Odgovornost za pravilno nanošenje leži isključivo na osoblju koje vrši nanošenje. Nakon završene procedure tehničko osoblje ili ono koje je vršilo zaštitu je dužno izvijestiti zapovjednika zrakoplova o detaljima: vrsta kemikalije, postotak vode u smjesi ako je voda dodana i početak trajanja zaštite. HOT se računa od prvog trenutka nanošenja zaštite na prvu površinu.[1] Zapovjednik zrakoplova je dužan unijeti ove podatke u tehničku knjigu zrakoplova (*Technical Logbook*).[4] Tek nakon što je kompletna procedura gotova i zrakoplov potpuno zaštićen od snijega i leda dozvoljeno je ići na polijetanje.

Nanošenje tekućine za odleđivanje se može vršiti na stajanci, na parkirnoj poziciji ili drugom mjestu, a može i na proširenju vozne staze, neposredno ispred uzletno-sletne staze. Ovaj sustav ispred USS-e se koristi na sve većem broju aerodroma jer je potreban daleko kraći period zaštite nego kod procedure na stajanci, pa se koristi manja količina kemikalije.

Type 2 i *Type 4* ostaju u određenom sloju na krilu i drugim površinama nakon nanošenja, ali se povećanjem brzine u polijetanju razliju niz te površine i one ostanu čiste od kemikalije.

Trajanje postupka odleđivanja ovisi o veličini zrakoplova, tj. površini koja se odleđuje. Prosjek trajanja postupka je oko deset minuta, za europske zračne luke, za zrakoplove srednje veličine. *Two step procedura* zahtjeva za *de-icing* od 200 litara tekućine pa sve do 2500 litara tekućine po postupku, ako je kontaminacija velika. Primjer je zračna luka u Sarajevu, na kojoj se događalo da je potrebno 2500 litara tekućine za odleđivanje za zrakoplov Dash 8-Q400 zbog 15 centimetara snijega i leda nataloženog na parkiranom zrakoplovu tijekom noći.[8]

Na slici 6. je prikazan postupak odleđivanja zrakoplova kemikalijom *Type 4*, na zračnoj luci Franjo Tuđman.



Slika 6. Odleđivanje zrakoplova kemikalijom Type 4 [Izvor:autor]

3.3. Zaštita od zaleđivanja toplim zrakom

Pojedini dijelovi zrakoplova se ne štite od snijega i leda kemikalijom zbog nepovoljnog utjecaja na te dijelove i sustave. Uvodnici motora se ne štite tekućinom za odleđivanje, kao ni kotači s kočnicama i prozori pilotske kabine. Usisavanje glikola u motor nije preporučljivo zbog osjetljivosti motorskih komponenti i korozivnog djelovanja, a kočnice ne rade pravilno ako se na njima nađe glikolna smjesa. Potrebno je obratiti pažnju da isparenja kemikalije za zaštitu ne dođu u sustav za klimatizaciju. Zbog svega navedenog određeni dijelovi zrakoplova se štite toplim zrakom, prvenstveno ulaznici i lopatice motor (slika 7.). Lopatice su naročito osjetljive na led jer velika centrifugalna sila prilikom okretanja dovodi do jakih vibracija ako se na

lopaticama nalazi led. Prozore na pilotskoj kabini nije potrebno čistiti od snijega i leda jer imaju svoje grijače koji osiguravaju dovoljnu zaštitu.[9]



Slika 7. Odleđivanje toplim zrakom [10]

3.4. Ostali postupci za zaštitu od snijega i leda

Zračne luke uglavnom imaju jako dobro organizirane zimske službe koje čiste manevarske površine i stajanku od snijega i leda. Bez obzira na stanje manevarskih površina zrakoplovne operacije su dozvoljene i ako su te površine prekrivene snijegom, susnježicom ili ledom, ali uz određene mjere opreza. Te mjere su također navedene u priručnicima (*FCOM, Adversed Weather, Operations Manual Part A - OM-A, Operations Manual Part B - OM-B*):[11]

- održavanje razmaka od zrakoplova ispred tijekom voženja kako bi se spriječilo nabacivanje podignutog snijega zbog mlaza iza motora
- odlaganje uvlačenja zakrilaca (*flapsova*) nakon slijetanja dok se pregledom ne ustanovi da u prostoru u koji se uvlače nema leda koji bi ih oštetio

- izbjegavanje korištenja manevarskih površina na kojima postoji talog (ako je moguće vožnju vršiti na očišćenim površinama).

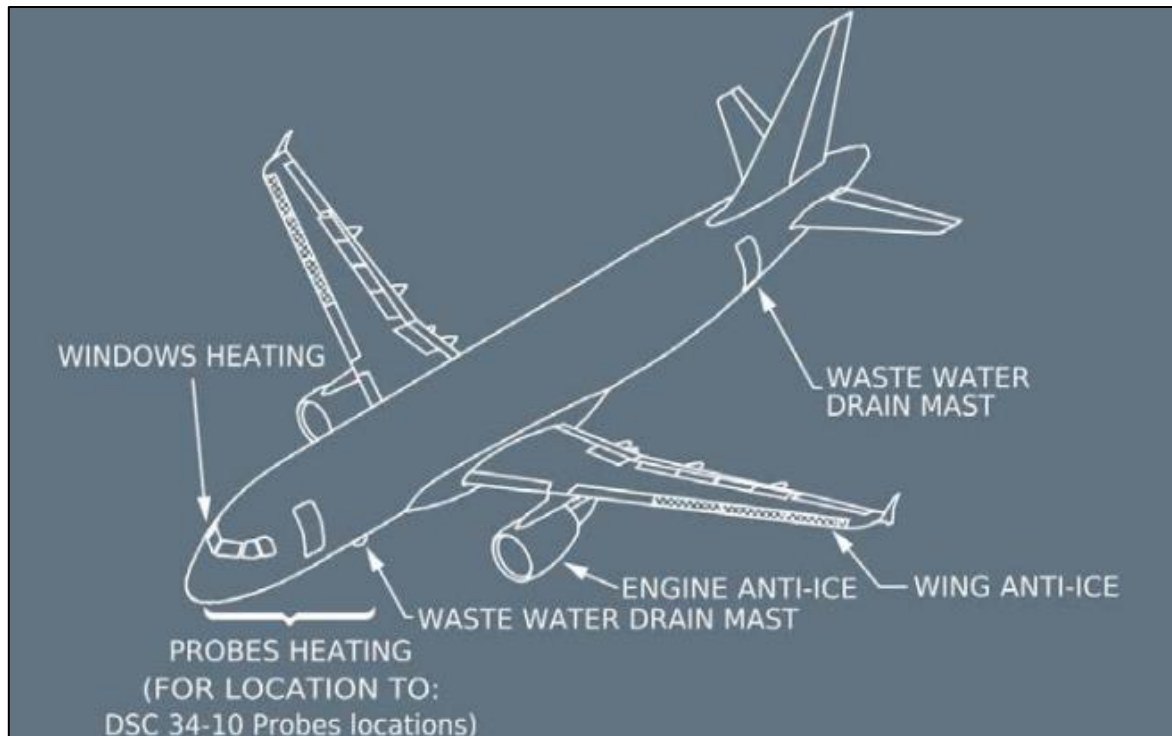
Ove mjere nisu do kraja precizne i ostaje na posadi da procijene koliko ih je moguće koristiti, ali u svakom slučaju stoje na raspolaganju posadi.

3.5. Postupci za zaštitu od zaleđivanja u letu

Zaštita tijekom leta je u određenoj mjeri drugačija od zaštite prije leta jer se snijeg i led ne mogu skupljati na površini krila i drugim dijelovima zrakoplova tijekom leta jer zračna struja oko krila i trupa zrakoplova onemogućava taloženje snijega i leda na tim površinama pa se ne štite od zaleđivanja. Zbog toga se štite samo oni dijelovi zrakoplova koji su izloženi zaleđivanju uslijed dodira površina s kapima vode i kristalima leda. Sustavi su jednostavni za korištenje, prekidači imaju položaje za uključenje i isključenje „ON/OFF“. Neki zrakoplovi još mogu imati i dodatni prekidač za namještanje dužine trajanja aktivnosti sustava, zavisno od temperature zraka u letu (ATR 42/72), uglavnom oni koji imaju pneumatski sustav napuhavanja gumenih segmenata na napadnim ivicama krila i repnih površina.[4]

Ovi sustavi i uređaji pružaju zaštitu uglavnom u svim uvjetima zaleđivanja u kojima se zrakoplov može naći tijekom redovnih operacija. Zaštita uređaja i sustava se dijele na nekoliko kategorija (slika 8.)[1]:

- zaštita motora (*Engine Ice Protection*). Kod mlaznih motora zagrijavanje ulaznih usnica uvodnika zraka, a kod klipnih motora s rasplinjačem zagrijavanje usisanog zraka
- zaštita krila i repnih površina (*Airfoil Ice Protection*)
- zaštita pitot cijevi, statičkih otvora, davača temperature (*Pitot Static Ice Protection*)
- zaštita davača napadnog kuta (*Angle of Attack Ice Protection*)
- zaštita vjetrobranskih prozora (*Windscreen Ice and Rain Protection*).



Slika 8. Zaštita zrakoplovnih sustava i uređaja [11]

Zaštita navedenih zrakoplovnih sustava i uređaja se vrši na nekoliko načina:[1]

- toplim zrakom iz kompresora motora, koji zagrijava površine napadnih ivica krila, repnih površina te uvodnika motora i ne dozvoljava stvaranje leda
- zrakom pod tlakom iz kompresora, koji služi za napumpavanje gumenih segmenata na napadnoj ivici krila, repnih površina i uvodnika turbo-propelerskih motora te dolazi do pucanja i odbacivanja leda
- električnom energijom kojom se stalno griju određeni dijelovi sustava, poput pitot cijevi i statičkih otvora, vjetrobranskih stakla, davača napadnog kuta i davača temperature zraka. Ovi elementi se griju u letu, ali na zemlji se neki od njih automatski isključuju nakon slijetanja zrakoplova. Također električnom energijom se griju i krakovi elise kod zrakoplova s turbo-propelerskim motorima
- alkoholom kod manjih zrakoplova, pri čemu se alkohol raspršuje po krakovima elise. Ovaj sustav nije široko primijenjen.

Gumeni segmenti na krilima se koriste kod zrakoplova s turbo-prop motorima (Dash 8-Q400 na slici 9.) zbog toga što koriste puno manju količinu zraka za svoj rad, a takvi

motori nemaju veliki višak zraka potreban za topljenje leda. Zrakoplovi s turboventilatorskim motorima koriste isključivo topli zrak iz kompresora za zaštitu od zaleđivanja topljenjem leda i održavanjem površina izloženih zaleđivanju na temperaturi iznad nule.[11]



Slika 9. Gumeni segmenti na krilu [8]

Proizvođač zrakoplova propisuje uvjete u kojima je obavezno koristiti sustave za zaštitu od zaleđivanja, kao i njihov način njihovog korištenja. Za Airbus A-320 uvjeti su definirani u FCOM, *Normal Procedures*, zatim u OM-B, kao i u *Flight Crew Techniques Manual* - FCTM. Za razliku od zaštite od zaleđivanja na zemlji, gdje je potrebno obratiti pažnju na čitav niz elemenata i postupaka, zaštita u letu je krajnje jednostavna, bez ikakvih nedoumica i razmatranja što i kako napraviti. Sukladno proceduri navedenoj u priručnicima za A-320 sustav za zaštitu motora se uključuje ako je temperatura 10 stupnjeva Celzija ili niža (TAT - *Total Air Temperature*). To je temperatura napadnih ivica krila, repnih površina i uvodnika motora koja je veća od temperature mirnog zraka oko zrakoplova zbog trenja čestica zraka i površine spomenutih dijelova zrakoplova.[11]

Odleđivanje krila se uključuje samo ako postoji vidljivi led na pokazivaču zaleđivanja (slika 10.). Pokazivač se nalazi između vjetrobranskih prozora, s vanjske

strane, u obliku malog valjka osvijetljenog iznutra. Turbo-ventilatorski motori su manje osjetljivi na odvođenje zraka iz kompresora za odleđivanje motora i krila, tako da je dovoljna količina uvijek na raspolaganju za topljenje leda i onemogućavanje njegovog stvaranja.



Slika 10. Pokazivač zaleđivanja [8]

3.6. Primjer korištenja neadekvatnih postupaka u zaštiti od zaleđivanja ili njihovo potpuno nekorištenje

Zaleđivanje predstavlja jednu od najvećih opasnosti u zrakoplovstvu i striktno pridržavanje propisanih mjera je najsigurniji način izbjegavanja nesreća. Unatoč jasno definiranim propisima i operativnim procedurama, događaju se slučajevi nekorištenja zaštite, što je redovno dovodilo do teških posljedica. Jedna od najtežih nesreća u našoj neposrednoj okolini je pad Fokkera 100 zrakoplovne kompanije Palair Macedonian u Skoplju (slika 11.). Nesreća se dogodila u ožujku 1993. godine i razlog je bio nakupljeni led na krilima, zbog čega je zrakoplov izgubio uzgon i pao neposredno iza uzletno-sletne staze. Ova nesreća se lako mogla izbjeći, samo da su korištene sve propisane mjere za zimske uvjete.



Slika 11. Palair nesreća [12]

4. Regulatorika, propisi i ustaljena praksa u zaštiti od zaleđivanja

Zrakoplovni propisi se ne mogu primjenjivati na uskom području za svaku državu, budući da zračni prijevoz ima izraziti međunarodni karakter. Propisi jedne države moraju biti sukladni propisima drugih država, jer različiti standardi nisu prihvatljivi i mogući. Sigurnost zrakoplovnih operacija je u svakoj zrakoplovnoj kompaniji na prvom mjestu i kako bi se ta sigurnost održala potrebno je usuglasiti zrakoplovnu regulatoriku. Krovna organizacija koja daje preporuke vezane za sigurnosne standarde i propise je Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva (*International Civil Aviation Organisation – ICAO*), a pojedini dijelovi svijeta imaju svoje organizacije koje daju specifične upute i naloge. Republika Hrvatska je članica Europske Unije i dužna je poštovati naputke i preporuke koje daje agencija nadležna za operacije unutar EU. Za sigurnosne standarde zrakoplovnih kompanija država članica EU nadležna je Europska agencija za zrakoplovnu sigurnost (*European Aviation Safety Agency – EASA*). EASA nema zakonodavni karakter, budući da zakone donose države, a ne međunarodna tijela, nego daje preporuke i naputke na koji način da države članice donose zakone i propise. Republika Hrvatska je kao članica EU obvezna primjenjivati stavke iz naputaka tako da ih uključuje u *Zakon o zračnoj plovidbi*. Nadležna EASA kontrolna tijela provjeravaju u kolikoj mjeri države poštuju preporuke i naputke, a ukoliko se ustanovi odstupanje, zakonodavni organi imaju određeni rok za usuglašenje regulatorike. *Zakon o zračnoj plovidbi* Republike Hrvatske je osnovni dokument koji definira način na koji se sigurno odvija zračna plovidba, a svaka zrakoplovna kompanija je dužna napraviti svoje dokumente vezane za pojedine stavke operacija.

Dokumenti koji obrađuju probleme zaleđivanja i zaštite od zaleđivanja se dijele u dvije kategorije:

1. Dokumenti koje izdaje zrakoplovna kompanija:

- OM-A, *Operations Manual Part A*, određuje načine djelovanja koji nisu vezani za tip zrakoplova
- OM-B, *Operations Manual Part B*, obrađuje načine djelovanja koji su vezani za tip zrakoplova. Svaki tip mora biti pojedinačno naveden u procedurama.

- GOM, *Ground Operations Manual*, obrađuje postupke i procedure mjerodavne za zemaljsko osoblje. U okviru ovog dokumenta izdaje se poseban priručnik s napomenama vezanim za zimske operacije, *De-icing Manual*.

2. Dokumenti koje izdaje proizvođač zrakoplova:

- FCOM, *Flight Crew Operations Manual*, u njemu se na raznim mjestima nalaze objašnjenja i prikazi sustava i načina korištenja opreme za zaštitu od zaleđivanja,
- FCTM, *Flight Crew Techniques Manual*, daje prikaz procedura zaštite od zaleđivanja uz dodatna objašnjenja i detalje.

Osim ove dvije kategorije postoji još nekoliko tipova dokumenata koje izdaju odgovarajuće institucije, kao npr. proizvođač kemikalije za odleđivanje, koji definira način korištenja i karakteristike svog proizvoda, koji može, a ne mora biti jednak načinima i karakteristikama drugog proizvođača. HOT lista je obavezan dokument koji proizvođač kemikalije mora dostaviti zrakoplovnoj kompaniji.

Aerodromske službe izdaju svoje dokumente tijekom zimskih operacija koji imaju ulogu informacije, ali je pridržavanje stavki navedenih u njima obavezno, kao npr. NOTAM, *Notices to Air Man*. U NOTAM-u se navodi kakvo je stanje uzletno-sletne staze i manevarskih površina, raspoloživost opreme za odleđivanje, otvorenost zračne luke, rad službi važnih za zimske operacije.[4]

Odleđivanje zrakoplova i sprečavanje zaleđivanja su bitne stavke sigurnih zrakoplovnih operacija tijekom zimskog perioda i tu nisu dopuštene improvizacije. Regulativa je vrlo jasna i razumljiva i obavezno je provoditi sve mjere potrebne za postizanje maksimalne sigurnosti. Zrakoplovne nesreće su se događale zbog nepridržavanja ovih mjera, vrlo često s tragičnim ishodom.

5. Školovanje osoblja, aerodromskih službi i letačkih posada

U zrakoplovstvu je školovanje i stalno održavanje visokih standarda važan čimbenik sigurnosti letačkih operacija. Važan segment školovanja i redovnih tečajeva radi osvježenja znanja se odnosi i na operacije tijekom zimskog perioda (*Adversed Weather Operations*). Svaki zaposlenik prije početka aktivnosti vezanih za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja zrakoplova mora proći odgovarajući početni tečaj i u određenim slučajevima položiti stručni ispit. Svaka ustanova koja se bavi uslugama prihvata i otpreme zrakoplova (zračna luka) je dužna uspostaviti školski centar, odnosno koristiti usluge školskog centra druge zračne luke ako uspostava takvog centra u vlastitoj ustanovi nije moguća ili isplativa.[4]

Školovanje zrakoplovnog i aerodromskog osoblja u Republici Hrvatskoj se bazira na osnovama *Zakona o zračnoj plovidbi*, a nadležna organizacija koja je zadužena za odobravanje programa je Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo - CCAA. Svi programi školovanja trebaju biti usuglašeni s EASA preporukama, a ukoliko postoje odstupanja (*Findings*) potrebno ih je otkloniti u zadanom roku.

Budući da zrakoplovne operacije imaju međunarodni karakter, u školovanje osoblja trebaju biti uključena sva nova dostignuća vezana za operacije u zimskim uvjetima, zaštitu zrakoplova, održavanje manevarskih površina i stajanke. Operator je dužan organizirati predavanja za osvježenje znanja u redovnim vremenskim intervalima, sukladno preporukama zakonodavnih vlasti.

Školski centar je dužan napraviti i posjedovati važeće dokumente i priručnike koji određuju vrstu, kategoriju i učestalost školovanja, kako početnog (*Initial training*), tako i osvježenja znanja (*Recurrent training*).

Danas se školovanje u velikoj mjeri odvija elektronskim putem, programi su na raspolaganju zaposlenicima na računalima pa je velika količina informacija na raspolaganju svim zainteresiranim unaprijed.

Neovisno o tome vrši li se školovanje u učionici ili na računalu u privatnom prostoru, svi zaposlenici su dužni proći kompletan program i tek nakon završetka programa dobivaju potvrdu o uspješnom završetku školovanja.

Zračna luka i zrakoplovna kompanija su dužne neprekidno voditi brigu o tome da su posljednja tehnička rješenja i dostignuća na polju zimskih operacija uključena u predavanja, kako bi svi zaposlenici koji sudjeluju u procesu zaštite od zaleđivanja bili upoznati s dostignućima.

Ciljevi redovnih školovanja osoblja su sljedeći:[8]

- stvaranje i održavanje svijesti o izuzetnoj opasnosti koju snijeg i led predstavljaju za sigurne operacije zrakoplova
- upoznavanje s načinima zaštite od snijega i leda
- tehnički aspekti procesa zaštite, korištenje opreme, razumijevanje ograničenja koja pojedini elementi u sustavu mogu imati, kao što je pravilna priprema kemikalije za odleđivanje
- fizički proces odleđivanja i zaštite od zaleđivanja, koordinacija s osobljem koje u tome sudjeluje, sigurnosni aspekti korištenja opreme
- aktivnosti vezane za odstranjivanje snijega i leda sa stajanke i manevarskih površina
- aktivnosti vezane za korištenje zrakoplovnih sustava za odleđivanje i sprečavanje zaleđivanja.

U zrakoplovstvu je kontinuirano školovanje izuzetno važan element u svim segmentima posla. Zaštita od zaleđivanja je jedan od najvažnijih dijelova jer su na tom polju rizici po sigurnost zrakoplovnih operacija najveći ili među najvećima. Kvalitetnom i trajnom školovanju se pridaje velika pažnja, jer je prije svega potrebno kod ljudi stvoriti svijest da je zaleđivanje zrakoplova pojava koja u trenu vodi u nesreću i s kojom ne smije biti kompromisa. Svi sudionici u ovom procesu moraju odraditi svoj dio posla bez propusta, kako aerodromsko tako i pilotsko osoblje, a za to je potrebno da i jedni i drugi imaju potpuno znanje o svim aktivnostima koje su dužni obaviti. Jedini način borbe protiv opasnosti koju donose snijeg i led na zrakoplovu je trajno i redovno školovanje osoblja koje sudjeluje u procesu zaštite.

6. Normalne i izvanredne situacije u periodu kada se očekuje zaleđivanje zrakoplova

Zimski uvjeti u zrakoplovnim operacijama su svake zime približno jednaki i predvidivi. To znači da su poznate sve kategorije operacija koje se mogu dogoditi pa je moguće djelovati dovoljno unaprijed kako bi se nepovoljni efekti utjecaja snijega i leda na zrakoplovne operacije smanjili na najmanju moguću mjeru. Naravno, uvijek su mogući događaji koji znatno otežavaju aktivnosti zimskih službi u osiguravanju nesmetanih operacija, kao što su iznenadne snježne mećave, snježne oluje ili nenadani tehnički problemi, ali to su nestandardne situacije koje se rješavaju od slučaja do slučaja. Aktivnosti vezane za normalne i izvanredne situacije u zimskim operacijama se mogu podijeliti u nekoliko kategorija.

6.1. Čišćenje manevarskih površina i stajanke od snijega i leda

Zimske padaline stvaraju snijeg, susnežicu ili led na USS-i i ostalim površinama te u velikoj mjeri ugrožavaju i usporavaju zrakoplovne operacije. Koeficijent kočenja na takvim površinama se znatno smanjuje, što utječe nepovoljno na performanse zrakoplova, odnosno težinu u polijetanju.[1] Većinom sve zračne luke imaju dobro razvijenu i organiziranu zimsku službu, koja je dužna brinuti o uklanjanju snijega i leda s manevarskih površina i stajanke.



Slika 12. Uklanjanje snijega sa stajanke [Izvor:autor]

Uklanjanje snijega s manevarskih površina se vrši adekvatnom tehničkom opremom, kojom mogu rukovati samo osposobljeni zaposlenici završenog školovanja za zimske operacije. Uklanjanje snijega se može obaviti i bez tehničke opreme, kao što je prikazano na slici 12. u slučaju stajanke na zračnoj luci u Skoplju.

Uklanjanje snježnog i ledenog taloga se vrši na način da na površinama ne ostaju snijeg i led koji bi mogli ograničavati zrakoplovne operacije, odnosno prostor na kojem manevriraju zrakoplovi treba biti što je više moguće čist. Određena količina taloga uvijek ostaje na površinama, bilo zbog velike površine koju je teško očistiti ili novih padalina, pri čemu zrakoplovna kompanija u svojim dokumentima određuje kolika je maksimalna debljina taloga snijega pri kojoj su dozvoljene operacije.

Osim odstranjivanja snijega i leda mehaničkim putem zračne luke koriste i kemijske metode, pri čemu se koristi kemikalija karbamid ili urea, amonijski nitrat, koja znatno snižava temperaturu ledišta vode. Ova kemikalija treba biti neutralna, odnosno ne smije izazivati koroziju metala koji s njom dolazi u dodir, kao što to učini sol, i treba biti ekološki prihvatljiva.

Svojevremeno su rađeni eksperimenti s otapanjem snijega i leda vrućim zrakom, pri čemu su korišteni mlazni motori smješteni na prednji dio kamiona. Ovo se uzima samo kao zanimljiva ideja koja nije naišla na široku primjenu zbog očiglednih razloga: tehnički jako kompleksan model, veliki troškovi i nizak stupanj efikasnosti jer se voda ionako ponovo zaledi kad se ohladi. Osnovni princip je da se manevarske površine i stajanka očiste od naslaga, što ovaj sustav nije omogućavao, nego je samo snijeg i led otopio i pretvorio u vodu.

6.2. Pravilno korištenje aerodromskih strojeva za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja zrakoplova

Uređaji za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja su visokospecijalizirani strojevi koji se koriste samo za namjenu za koju su napravljeni. Rukovanje tim strojevima zahtjeva određeno stručno znanje i zbog toga je potrebno da zaposlenici završe adekvatno školovanje, nakon kojeg dobivaju potvrdu o osposobljavanju za poslove zaštite od zaleđivanja.

Uređaji, odnosno strojevi za zaštitu, se proizvode u raznim verzijama i tehničkim izvedbama, ali se, najčešće, sastoje od spremnika na konstrukciji kamiona, korpe s mlaznicom i poluge za podizanje i okretanje korpe u odgovarajuću stranu. Zaposlenik u korpi mora biti upoznat s detaljima upravljanja komandama vezano za kretanje korpe, kao i raspršivanje kemikalije po zrakoplovu. Korpa ima, u pravilu, reflektor koji usmjerava jake zrake svjetlosti na mjesto prema kojem mlaznica raspršuje tekućinu za odleđivanje (*De/Anti-icing Fluid*). Kod novijih vozila moguće je upravljanje kamionom iz korpe, a kod starijih modela kamionom upravlja vozač, a zaposlenik u korpi samo raspršuje kemikaliju.

Tijekom izvođenja zaštite zrakoplova od zaleđivanja potrebno je uspostaviti komunikaciju između pilotske kabine i zemaljskog osoblja koje izvodi ili nadzire nanošenje sredstva. Nanošenje može započeti tek nakon što su pripreme radnje u pilotskoj kabini završene i zapovjednik zrakoplova obavijesti zemaljsko osoblje da postupak može početi. Nanošenje se vrši po određenom redoslijedu, a način zavisi o količini snijega i leda na zrakoplovu. Ukoliko je količina velika radi se postupak u dvije

faze (*Two step de-icing*), prvo odstranjivanje snijega i leda (*Type 1*) pa nakon toga nanošenje zaštitnog sloja (*Type 4*). Ako količina nije velika može se raditi postupak u jednoj fazi (*One step de-icing*), samo nanošenje ugrijanog zaštitnog sloja (*Type 4*), bez prethodnog odstranjivanja snijega i leda.[4]

Korištenje uređaja za odleđivanje toplim zrakom je puno jednostavnije od uređaja za nanošenje kemikalije jer nikakva posebna oprema nije potrebna. Koristi se kompresor koji zagrijava zrak i kroz elastično crijevo se taj zrak usmjerava na dijelove motora pokrivene ledom. Na taj način se odleđuju uvodnici i lopatice kompresora, odnosno ventilatora (*Fan blades*), budući da se njihovo odleđivanje kemikalijom ne smije vršiti jer nepovoljno djeluje na motor. Glikolne smjese su toksične i njihova isparenja ne smiju doći u sustav za klimatizaciju, koji uzima zrak iz kompresora motora.

6.3. Period trajanja zaštite nakon procedure nanošenja kemikalije

Nanošenje zaštite na zrakoplov mora biti koordinirano između pilotske posade i zaposlenika koji nanosi kemikaliju, odnosno nanosi se tek nakon što je procedura u pilotskoj kabini završena. Također, prije nanošenja je potrebno sa zemaljskim osobljem dogovoriti koja procedura se koristi, *One step* ili *Two step de-icing*. Razlika je u tome što period zaštite kod *One step procedure* počinje odmah nakon početka nanošenja kemikalije, a kod *Two step procedure* počinje tek nakon početka druge faze, pri čemu odstranjivanje snijega ne ulazi u proces zaštite. Dakle, prva faza, odstranjivanje taloga snijega, nije zaštita od zaleđivanja. Period zaštite HOT počinje čim krene prvo nanošenje zaštite, odmah kada zaposlenik u korpi aktivira mlaznicu i kemikalija dodirne zrakoplov.[1] Zemaljsko osoblje koje nadzire proces nanošenja je dužno voditi računa o ovom početku nanošenja i obavijestiti zapovjednika zrakoplova o tome. Tekućina za odleđivanje (*De/Anti-icing fluid*) se može razrijediti s vodom do koncentracije 50/50, znači 50% vode i 50% kemikalije. To je maksimalna dozvoljena količina vode, a vrsta i koncentracija kemikalije se određuje prema temperaturi zraka i padalinama, odnosno trenutnim meteo uvjetima, kao i stanju površine zrakoplova. Odluka se donosi na temelju stavki u tablicama (*HOT Tables*), u kojima piše koliki je

period zaštite za pojedini tip kemikalije i trenutne meteo uvjete.[1] Zemaljsko osoblje koje nadzire nanošenje zaštite mora osigurati da se nanosi upravo taj tip i dogovorena koncentracija, što se ugađa regulatorom na kontrolnoj ploči vozila.

Različiti proizvođači dobavljaju aerodromskim službama različite kemikalije, koje imaju uglavnom vrlo slična svojstva, ali ne moraju biti potpuno ista. Zbog toga se za konkretnu kemikaliju jednog proizvođača koristi tablica tog proizvođača, drugi proizvođač osigurava svoju tablicu, treći svoju (Clarion, Safewing, Killfrost itd.).[4] Ukoliko proizvođač kemikalije nije poznat, koristi se generička tablica, odnosno ona s općim podacima za tu vrstu glikolne smjese.

Za pilotsku posadu je osnovni sigurnosni standard polijetanje prije isteka vremena u kojem kemikalija osigurava zaštitu. Dužina trajanja zaštite jako ovisi o meteo uvjetima i količini snježnog i ledenog taloga, mraza, ledene magle, ledene kiše i ostalih pojava i traje od nekoliko minuta do nekoliko sati. Zbog toga je važno određivanje pravilnog tipa kemikalije i njegova koncentracija, odnosno nanošenje nerazrijeđene kemikalije kod meteo uvjeta koji su kritični za zrakoplovne operacije (jako niska temperatura, intenzivan snijeg i susnježica).

Ukoliko polijetanje nije moguće prije isteka perioda zaštite, polijetanje nije dopušteno jer nakon isteka zaštite krilo više nije čisto od snijega i leda. Tada se zrakoplov mora vratiti na stajanku i postupak zaštite ponoviti na način propisan regulativom. Prvo se čisti prethodni sloj kemikalije pa na čiste površine zrakoplova dolazi novi sloj zaštite. Ovo se može dogoditi kod jako dugačkog čekanja u redu na polijetanje, pri čemu je poprilično teško iskoordinirati trenutak nanošenja zaštitnog sloja na zrakoplov u odnosu na neki stvaran period čekanja na polijetanje. Zbog toga se na mnogim aerodromima nanošenje kemikalije radi neposredno prije izlaska na USS-u.[1]

6.4. Rad sustava za zaštitu od zaleđivanja u zrakoplovu: problemi u radu

Sustavi za zaštitu od zaleđivanja su izuzetno pouzdani i problemi u njihovom radu nisu česti. Ukoliko se ipak dogode, osnovni način kako se s tim problemima izlazi na kraj je izbjegavanje zona intenzivnog zaleđivanja. Izvanredne procedure su opisane

u priručniku *Flight Crew Operations Manual, Abnormal procedures* i opisuju sve detalje koje je potrebno napraviti stavku po stavku kako bi se let odvijao sigurno do odredišta. Uglavnom, izvanredne procedure u letu u slučaju zaleđivanja su puno manje problematične i opasne od nepravilnog postupka prilikom odleđivanja na zemlji.

6.5. Redosljed aktivnosti na Zračnoj luci Franjo Tuđman u slučaju potrebe za odleđivanjem

Procedure zaštite od zaleđivanja se razlikuju od zračne luke do zračne luke, pri čemu svaka zračna luka određuje svoje specifične standarde i propise. Na nekima se zaštita vrši na mjestu na kojem je parkiran zrakoplov, na drugima postoji posebno mjesto na stajanci ili čak posebna stajanka (*De-icing apron*), a na trećima se zaštita vrši neposredno prije izlaska na USS-u. Postupak za svaku zračnu luku se navodi u navigacijskom priručniku koji koristi pilotska posada, tako da ne postoji jedan model po kojem se radi, nego se pilotska posada upoznaje s procedurom za svaku zračnu luku ponaosob te uspostavlja vezu sa zemaljskim osobljem, neovisno o tehničkim detaljima kako se i gdje vrši zaštita.

Redosljed aktivnosti koje primjenjuje posada zrakoplova u slučaju potrebe za odleđivanjem zračnog prijevoznika Croatia Airlines na zračnoj luci Franjo Tuđman:[4], [8]

1. Pilotska posada dolazi u sobu za pripremu leta u prostorijama Croatia Airlinesa te preuzima dokumente za let i prva stvar koju provjerava je meteo situacija. U meteo izvješću su navedeni svi bitni elementi koji mogu utjecati na to da je na avionu nataložen snijeg i led: padaline, temperatura, oblačnost, vidljivost. Međutim, na temelju tih podataka se još uvijek ne donosi odluka jer je potrebno vidjeti stanje površine zrakoplova, ali podaci uvelike omogućavaju posadi da zna što očekivati kada dođe do zrakoplova. Otprilike 99% je vjerojatnost da će zrakoplov morati biti odleđivan ukoliko je noć proveo parkiran na stajanci.

2. Prilikom dolaska na zrakoplov kapetan je dužan napraviti temeljiti vanjski pregled (*Walkaround check*) i vidjeti koliko snijega i leda se nalazi na površinama, te donijeti odluku o odleđivanju. Način odleđivanja ovisi o količini sniježnog i ledenog taloga na

površinama zrakoplova, može se obaviti odleđivanje u jednom koraku ili dva koraka (*One step/Two step de-icing*). Ovu proceduru kapetan dogovara sa zaposlenikom zemaljske službe (*ground handler*), koji je zadužen za kontakte s drugim službama koje opslužuju zrakoplov. Propisano je koja je zračna luka opskrbljena kojom kemikalijom. Tako na primjer, dubrovačka zračna luka posjeduje samo kemikaliju *Type 1*, splitska, zadarska i pulska zračna luka samo *Type 4*, a zagrebačka zračna luka koristi *Type 1* i *Type 4*.

3. Zaposlenik zemaljske službe dogovara sa službom za odleđivanje sve detalje oko dolaska vozila i postupka odleđivanja, koji je ranije dogovoren s kapetanom. Logistika postupka, kao što je dolazak vozila, priprema tekućine za odleđivanje, konfiguracija uređaja i vozila, sigurna vožnja vozila oko zrakoplova, leži isključivo na zemaljskom osoblju, odnosno u jednoj mjeri na zaposleniku zemaljske službe, a u drugoj mjeri na vozaču vozila i zaposleniku koji rukuje mlaznicom za nanošenje tekućine za odleđivanje.

Zagrebačka zračna luka posjeduje četiri vozila za odleđivanje, a ostale zračne luke u RH (Split, Zadar, Dubrovnik, Pula, Osijek) po jedan.

4. Prije početka nanošenja tekućine za odleđivanje, četiri stvari moraju biti zadovoljene:

- sva vrata zrakoplova zatvorena
- APU (*Auxiliary power unit*) ugašen
- interfonska veza ili radio veza sa zemaljskim osobljem uspostavljena
- dvosmjerna komunikacija.

Tek nakon što su ova četiri zahtjeva zadovoljena može početi postupak nanošenja tekućine za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja. Kapetan zrakoplova uspostavlja vezu sa zemaljskim osobljem, tj. aerodromskim predstavnikom (*ground handler*), uglavnom putem interfonske veze. Zemaljsko osoblje potvrđuje da su sva vrata zatvorena i vozilo za odleđivanje je spremno za početak nanošenja. Prije početka nanošenja potrebno je odraditi proceduru u pilotskoj kabini po *check*-listi te kada je procedura gotova, kapetan javlja da je zrakoplov spreman za odleđivanje (*Ready for de/anti-icing*). Umjesto zaposlenika zemaljske službe na interfonskoj vezi može biti i predstavnik tehničke službe Croatia Airlinesa, zavisno o organizaciji posla na zračnoj luci.

5. Nakon što je sve spremno za odleđivanje, aerodromski predstavnik daje znak djelatnicima u vozilu za početak postupka. Za koordinaciju postupka prskanja zrakoplova tekućinom protiv zaleđivanja, na svakoj od tri stajanke i svakoj poziciji za parkiranje zrakoplova na zračnoj luci Franjo Tuđman, odgovoran je zaposlenik zračne luke kojeg odredi nadležni rukovoditelj te je obavezan postupak prskanja zrakoplova koordinirati s ovlaštenim predstavnikom operatora zrakoplova i dežurnim kontrolorom zračnog prometa. Način i redoslijed nanošenja ovise isključivo o djelatnicima u vozilu, pri čemu je potrebno poštovati standarde i propise važeće za taj postupak, s kojima djelatnici u vozilu moraju biti u potpunosti upoznati. Kapetan zrakoplova nema nikakav utjecaj na postupak nanošenja kemikalije.

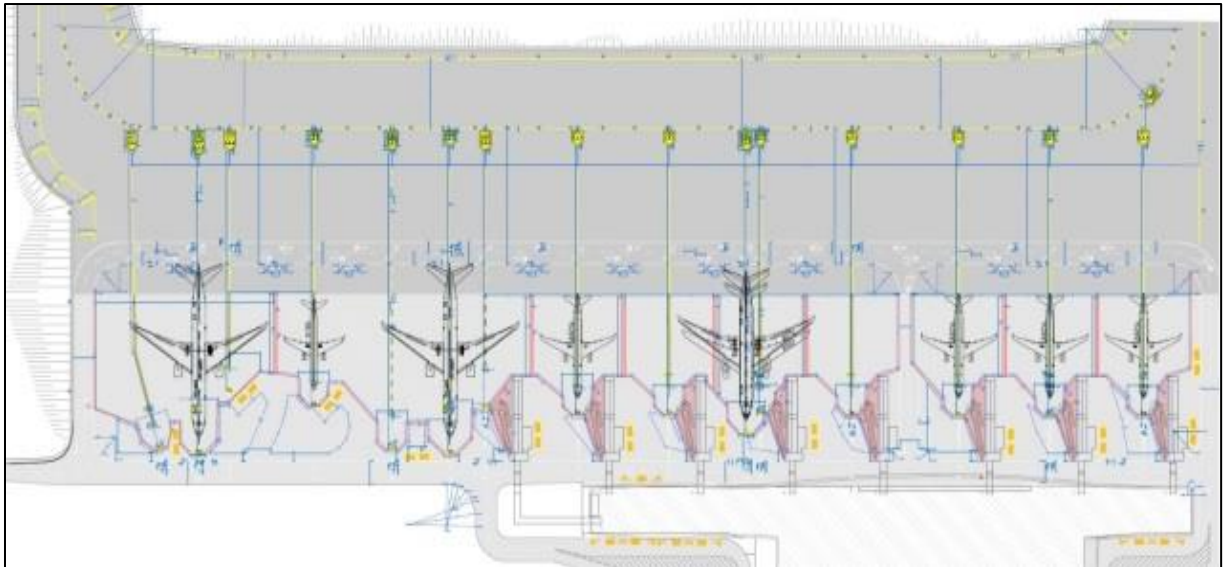
6. Nakon završene procedure nanošenja aerodromski predstavnik daje obavijest kapetanu o tri važna elementa o kojima ovisi efikasnost zaštite:

- vrstu tekućine za odleđivanje (*Type 1, 2, 3 ili 4*), s tim što se *Type 3* ne koristi na velikim putničkim zrakoplovima
- koncentraciju kemikalije u smjesi s vodom (50, 75 ili 100%, tj. u smjesi ima toliko kemikalije koliko je navedeno u postotku)
- početak trajanja zaštite (*Start of Holdover Time*).

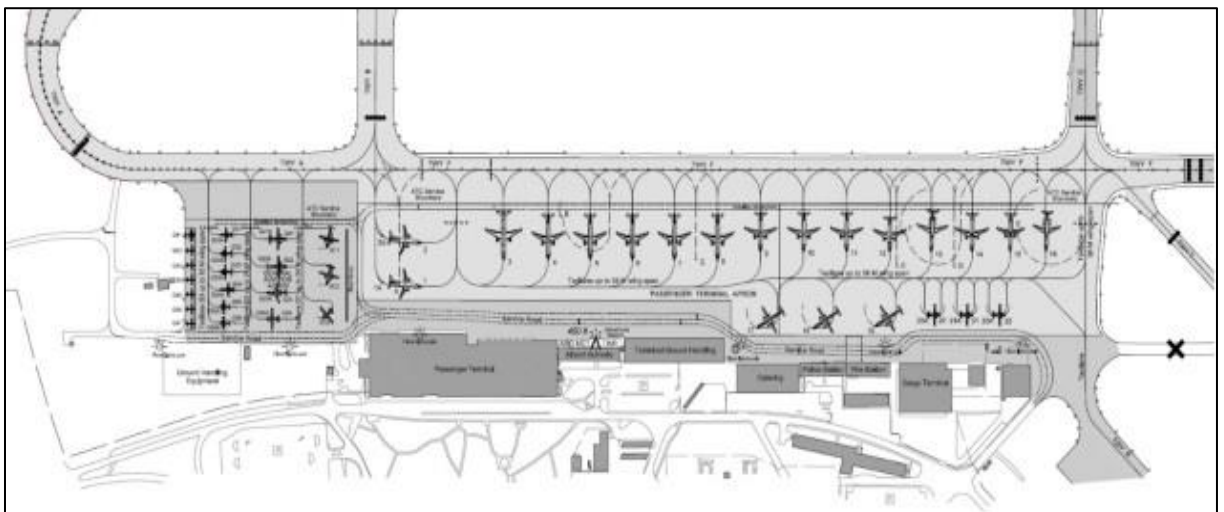
Ova tri podatka kapetan upisuje u tehničku knjigu zrakoplova, odnosno u elektronički format (tablet) ukoliko se ne koristi papirna tehnička knjiga.

7. Nakon završene procedure aerodromski predstavnik daje znak vozaču da se može udaljiti od zrakoplova i na taj način procedura zaštite od zaleđivanja završava. Pilotska posada još samo treba do kraja odraditi listu provjere za postupak nakon nanošenja zaštite i zrakoplov je spreman za polazak.

Za bilo koji tip zrakoplova bilo koje kodne oznake, koji je parkiran na jednoj od tri stajanke na zračnoj luci Franjo Tuđman (nova stajanka, stara stajanka i stajanka generalne avijacije – slika 13.i 14.), a za koji je planirano uzlijetanje u pravcu USS-e 22, postupak prskanja tekućinom koja sprječava zaleđivanje zrakoplova mora biti organiziran i proveden (upravo) na onoj poziciji na kojoj je zrakoplov parkiran. [13]



Slika 13. Pozicije za parkiranje zrakoplova na novoj stajanci [13]



Slika 14. Pozicije za parkiranje zrakoplova na staroj stajanci i stajanci generalne avijacije[13]

Prije početka postupka prskanja tekućinom protiv zaleđivanja zrakoplova bilo kojeg tipa i kodne oznake, koji su parkirani na jednoj od tri stajanke, a uzlijeću u pravcu USS-e 22, moraju biti zadovoljeni sljedeći uvjeti: [13]

Pozicije za parkiranje opremljene s avio-mostom kada je zrakoplov u kontaktu s aviomostom:

- pokretni dio avio-mosta mora biti uvučen s kotačima na početnoj poziciji, u stanju mirovanja
- sva druga sredstva za opsluživanje zrakoplova i vozila, osim vozila za prskanje zrakoplova tekućinom protiv zaleđivanja, moraju biti udaljena s površine te pozicije za parkiranje (na kojoj je zrakoplov spreman za početak postupka prskanja)
- motori zrakoplova moraju biti isključeni s elisama u stanju mirovanja.

Pozicije za parkiranje opremljene s avio-mostom kada zrakoplov nije u kontaktu s avio-mostom:

- pokretni dio avio-mosta mora biti uvučen s kotačima na početnoj poziciji, u stanju mirovanja
- sva druga sredstva za opsluživanje zrakoplova i vozila, osim vozila za prskanje zrakoplova tekućinom protiv zaleđivanja, moraju biti udaljena s površine te pozicije za parkiranje (na kojoj je zrakoplov spreman za početak postupka prskanja)
- motori zrakoplova moraju biti isključeni s elisama u stanju mirovanja.

Pozicije za parkiranje zrakoplova bez avio-mosta:

- sva druga sredstva za opsluživanje zrakoplova i vozila, osim vozila za prskanje zrakoplova tekućinom protiv zaleđivanja, moraju biti udaljena s površine te pozicije za parkiranje (na kojoj je zrakoplov spreman za početak postupka prskanja)
- motori zrakoplova moraju biti isključeni s elisama u stanju mirovanja.

U slučaju kada je uzlijetanje zrakoplova u pravcu USS-e 04, postupak prskanja zrakoplova tekućinom koja sprječava zaleđivanje, osim tipa motora zrakoplova (mlazni ili turbo-elisni) razlikuje se i s obzirom na stajanku na kojoj je parkiran zrakoplov: [13]

- na novoj (istočnoj) stajanci
- na staroj (zapadnoj) stajanci
- na stajanci općeg zrakoplovstva (generalne avijacije).

7. Zaključak

Diplomski rad predstavlja opis i analizu postupaka i aktivnosti vezanih za zaštitu od zaleđivanja zrakoplova u raznim uvjetima. Zaleđivanje je pojava koja značajno smanjuje sigurnost zrakoplovnih operacija i tom problemu je potrebno pristupiti krajnje profesionalno. Opisani su razlozi zbog kojih je potrebno zrakoplov zaštititi od leda i snijega, načini zaštite, postupci koje provode različite službe uključene u ovaj proces, dokumentacija i propisi.

Analizom postupaka primjenjivanih na zračnoj luci Franjo Tuđman i u zrakoplovnoj tvrtki Croatia Airlines je pokazano da su sve strane uključene u aktivnosti vezane za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja dužne učiniti, a i čine, maksimalne napore da se postupci izvedu pravilno i bez neprihvatljivih kompromisa. Najvažnije je stvoriti i razviti svijest o potrebi odleđivanja zrakoplova.

Zračna luka Franjo Tuđman koristi pravilnike koji jasno definiraju procedure i postupke i njihovo pridržavanje u velikoj mjeri smanjuje rizike koji se zbog snijega i leda javljaju u zrakoplovnim operacijama tvrtke Croatia Airlines, kao i drugih operatora zračne luke. Često je potrebno naći kompromis između potrebe za zaštitom od zaleđivanja i financijskih i ekoloških stavki i troškova, ali ne na štetu sigurnosti. Sigurnost zrakoplovnih operacija ima apsolutni prioritet nad svim drugim elementima koji ulaze u razmatranje i tek ako sigurnost nije ugrožena mogu se ovi elementi pažljivo razmotriti, poput spomenutih financijskih i ekoloških.

Literatura

- [1] Operations Manual Part A, General/Basic; Croatia Airlines; 2020.
- [2] Tutiš, V. Meteorologija. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2012.
- [3] <http://digitalpilotschool.com/how-to-fly-safely-in-icing-conditions> [Pristupljeno u svibnju 2020.]
- [4] Usmeni izvor: Vincetić, Dalibor, pilot, svibanj 2020.
- [5] https://deicing.net/?page_id=996, svibanj 2020.
- [6] Winter Operations, Flight crew refresher: Croatia Airlines; 2019.-2020.
- [7] httpsaircrafticing.grc.nasa.gov2_3_3_1.html [Pristupljeno u lipnju 2020.]
- [8] Usmeni izvor: Škrinjar, Zvonimir, pilot, srpanj 2020.
- [9] Flight Crew Operations Manual, System Description: Croatia Airlines; 2020.
- [10] httpsaircrafticing.grc.nasa.gov2_4_3_1.html, [Pristupljeno u svibnju 2020.]
- [11] Flight Crew Operations Manual, Standard Operating Procedures: Croatia Airlines; 2020.
- [12] <https://www.flickr.com/photos/runelind/8888024583>, svibanj 2020.
- [13] Roguljić, S. Pozicije za prskanje zrakoplova tekućinom koja sprječava zaleđivanje na zračnoj luci Franjo Tuđman. MZLZ; 2017.

Popis slika

Slika 1. Hrapavi led na krilu zrakoplova [3].....	4
Slika 2. Meteo podaci za Ankaru [5]	5
Slika 3. Točka ledišta/koncentracija tekućine [6]	10
Slika 4. odleđivanje krila kemikalijom Type 1[8].....	13
Slika 5. Odleđivanje repnih površina kemikalijom Type 1[8].....	13
Slika 6. Odleđivanje zrakoplova kemikalijom Type 4 [Izvor:autor]	16
Slika 7. Odleđivanje toplim zrakom [10].....	17
Slika 8. Zaštita zrakoplovnih sustava i uređaja [11].....	19
Slika 9. Gumeni segmenti na krilu [8]	20
Slika 10. Pokazivač zaleđivanja [8].....	21
Slika 11. Palair nesreća [12].....	22
Slika 12. Uklanjanje snijega sa stajanke [Izvor:autor].....	28
Slika 13. Pozicije za parkiranje zrakoplova na novoj stajanci [13]	35
Slika 14. Pozicije za parkiranje zrakoplova na staroj stajanci i stajanci generalne avijacije[13].....	35

