Proračun VFR navigacijske rute leta za jednomotorni klipni zrakoplov

Vulinović Zlatan, Emanuel

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:299628

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Emanuel Vulinović-Zlatan

PRORAČUN VFR NAVIGACIJSKE RUTE LETA ZA JEDNOMOTORNI KLIPNI ZRAKOPLOV

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PRORAČUN VFR NAVIGACIJSKE RUTE LETA ZA JEDNOMOTORNI KLIPNI ZRAKOPLOV
CALCULATION OF VFR NAVIGATION ROUTE FOR SINGLE ENGINE PISTON AIRCRAFT

Mentor: izv. prof. dr. sc. Doris Novak

Student: Emanuel Vulinović-Zlatan
JMBAG: 0135222141

Zagreb, srpanj, 2016.

SAŽETAK

Proračun navigacijske rute leta sastavni je dio prethodne navigacijske pripreme koja se provodi neposredno prije leta. Objašnjen je postupak proračuna elemenata VFR navigacijske rute leta na primjeru leta jednomotornog klipnog zrakoplova iz Zagreba do Zadra, sa alternativnim aerodromom na Krku. Objašnjen je proračun elemenata odabrane rute leta, visine, brzine, vremena, kursa leta, segmenata penjanja i krstarenja, te obrada meteoroloških podataka i proračun goriva potrebnog za let. Za točnu pripremu leta, potrebno je poznavanje računske navigacije, meteorologije, performansi zrakoplova i poznavanje karakteristika područja kojim pilot namjerava izvršiti let. Za odabranu rutu, prikazana je izrada navigacijskog plana leta i ucrtavanje navigacijskih elemenata na kartu.

KLJUČNE RIJEČI: VFR navigacijska ruta leta; jednomotorni klipni zrakoplov; navigacijska priprema leta; obrada meteoroloških podataka; proračun potrebnog goriva

SUMMARY

Calculation of VFR navigation route is an integral part of the pre-flight navigation preparation carried out immediately before the flight. Procedure for calculation of elements for VFR navigation route is explained on example of single engine piston aircraft flight from Zagreb to Zadar, with alternative aerodrome on the island of Krk. Calculation of elements for selected flight route is explained, altitude, speed, time, course of flight, segments of climb and cruise, with interpretation of meteorological information and fuel calculation. Knowledge of dead reckoning navigation, meteorology and aircraft performance is needed for accurate pre-flight preparation. Navigation log and navigation elements on map are made for selected flight.

KEY WORDS: VFR navigation route; single engine piston aircraft; navigation preparation of flight; interpretation of meteorological information; fuel calculation

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. PLANIRANJE LETENJA PREMA PRAVILIMA ZA JEDNOMOTORNI KLIPNI ZRAKOPLOV 3

2.1. VFR PRAVILA LETENJA 3

2.2. JEDNOMOTORNI KLIPNI ZRAKOPLOV (SEP) 4

2.3. MJERNE JEDINICE 6

3. NAVIGACIJSKA PRIPREMA LETA 7

3.1. NAVIGACIJSKI ELEMENTI RUTE LETA 7

3.1.1. KURS, SMJER I PRAVAC LETA 7

3.1.2. BRZINA LETA 8

3.1.3. VISINA LETA 9

3.1.4. VRIJEME LETA 10

3.2. IZBOR RUTE LETA 11

4. OBRADA METEOROLOŠKIH INFORMACIJA 12

4.1. METEOROLOŠKE KARTE 13

4.1.4. KARTE ZNAČAJNOG VREMENA 13

4.1.5. VISINSKE KARTE 13

4.2. ŠIFRIRANA METEOROLOŠKA IZVJEŠĆA 16

5. PRORAČUN SEGMENATA PENJANJA 18

5.1. UTJECAJNE VELIČINE NA PERFORMANSE ZRAKOPLOVA TIJEKOM PENJANJA 18

5.2. PRORAČUN VREMENA, GORIVA I PRIJEĐENE UDALJENOSTI TIJEKOM PENJANJA 19

6. PRORAČUN SEGMENTA KRSTARENJA 22

6.1. UTJECAJNE VELIČINE NA PERFORMANSE ZRAKOPLOVA TIJEKOM KRSTARENJA 22

6.2. IZBOR REŽIMA KRSTARENJA 23

7. PRORAČUN SIGURNE VISINE NADVISIVANJA PREPREKA NA RUTI 25
7.1. ODREĐIVANJE VISINE LETA 25
7.2. PRORAČUN VISINE RUTE LETA 26
8. PRORAČUN GORIVA POTREBNOG ZA LET 29
8.1. UKUPNO GORIVO POTREBNO ZA LET 29
8.2. PRORAČUN GORIVA PO ETAPAMA RUTE LETA 31
9. IZRADA NAVIGACIJSKOG PLANA 33
10.UCRTAVANJE NAVIGACIJSKIH ELEMENATA NA KARTU 37
11.ZAKLJUČAK 43
LITERATURA 44
POPIS KRATICA 45
POPIS SLIKA 46
POPIS TABLICA 47

1. UVOD

Proračun navigacijske rute leta sastavni je dio prethodne navigacijske pripreme koja se provodi neposredno prije leta. Navigacijsko planiranje leta ključno je za točno i sigurno obavljanje svih postupaka i radnji tokom leta. Učinkovitim planiranjem, uz povećanje sigurnosti, cilj je i smanjiti ukupne troškove leta, kroz prikladan odabir rute, visine i brzine krstarenja i proračunom potrebne količine goriva.

U ovom završnom radu, prikazan je postupak proračuna elemenata VFR navigacijske rute leta na primjeru leta jednomotornog klipnog zrakoplova iz Zagreba do Zadra, sa alternativnim aerodromom na Krku.

Proračun navigacijske rute leta sastoji se od proračuna udaljenosti, vremena i potrošenog goriva po pojedinim segmentima rute, proračuna sigurne visine nadvisivanja prepreka, obrade meteoroloških podataka te izrade navigacijskog plana i ucrtavanja navigacijskih elemenata na kartu.

U drugom poglavlju, izložena su VFR pravila letenja i karakteristike jednomotornog klipnog zrakoplova za kojeg se odnose, te mjerne jedinice korištene u proračunima.

Treće poglavlje odnosi se na navigacijske elemente pri izboru rute leta, kurs, pravac i smjer leta, brzinu, visinu i vrijeme leta.

U četvrtom poglavlju objašnjena je važnost prikupljanja i pravilnog tumačenja meteoroloških podataka i utjecaj vremenskih pojava na let zrakoplova. Na primjeru prikazana je analiza visinskih i karata značajnog vremena i tumačenje šifriranih meteoroloških izvješća.

U petom poglavlju objašnjen je proračun segmenata penjanja i veličine koje utječu na zrakoplov u penjanju. Na primjeru prikazan je proračun prijeđene udaljenosti, potrebnog goriva i vremena pri penjanju zrakoplova.

U šestom poglavlju objašnjen je proračun segmenata krstarenja i veličine koje utječu na zrakoplov u krstarenju. Na primjeru prikazan je odabir postavke snage prema temperaturi zraka i visini na kojoj zrakoplov leti i podaci o potrošnji goriva i brzini zrakoplova.

Sedmo poglavlje prikazuje proračun sigurne visine nadvisivanja prepreka na izabranoj ruti leta. Odabir visine objašnjen je za odabranu rutu leta i za let do alternativnog aerodroma uz prikaz profila leta.

U osmom poglavlju objašnjen je proračun goriva potrebnog za let i proračun ukupnog goriva po etapama za izabranu rutu leta.

Deveto poglavlje odnosi se na izradu navigacijskog plana leta. Za odabranu rutu leta detaljno je prikazan skup svih podataka koje pilot treba prikupiti i proračunati prije provedbe svakog leta. Tablično je prikazan zapis podataka o etapama rute, kursu, visini leta, temperaturi zraka, vjetru, prijeđene udaljenosti, brzine, vremena i potrošenog goriva koje pilot koristi tijekom leta za točno i sigurno vođenje zrakoplova.

U desetom poglavlju prikazano je ucrtavanje navigacijskih elemenata na kartu. Nakon pripreme i proračuna, prikazano je ucrtavanje navigacijskih elemenata na kartu koju pilot koristi za orijentaciju, kontrolu puta i za ispravke nakon uočenih odstupanja od rute leta.

2. PLANIRANJE LETENJA PREMA PRAVILIMA ZA JEDNOMOTORNI KLIPNI ZRAKOPLOV

2.1. VFR PRAVILA LETENJA

VFR navigacijska ruta obuhvaća planiranje leta koji se obavlja prema pravilima vizualnog letenja (eng. VFR – Visual Flight Rules).

Vizualni meteorološki uvjeti (eng. VMC – Visual Meteorological Conditions) obuhvaćaju vidljivost, odstojanje od oblaka i bazu oblaka i uvijek moraju biti jednaki ili veći od utvrđenih minimuma (tablica 1). Zrakoplovu koji leti u VFR uvjetima, ne može se odobriti polijetanje, slijetanje, ulazak u aerodromsku zonu ili ulazak u aerodromski krug ako je baza oblaka ispod 1500 ft (450 m) i ako je vidljivost pri tlu manja od 8 km.

IFR let (eng. IFR – Instrument Flight Rules) je let koji se obavlja prema pravilima instrumentalnog letenja. instrumentalni meteorološki uvjeti (eng. IMC – Instrument Meteorological Conditions) obuhvaćaju meteorološke uvjete vidljivosti, odstojanje od oblaka i bazu oblaka manje od minimuma utvrđenih za vizualne meteorološke uvjete. Uz posebno odobrenje kontrole zračnog prometa, VFR let je moguće provesti u uvjetima ispod minimalnih propisanih za vizualno letenje.

Tablica 1. Minimumi za letove u VFR pravilima letenja

PODRUČJE VISINE	KLASA ZRAČNOG PROSTORA	VIDLJIVOST U PRAVCU LETA	UDALJENOST OD OBLAKA
Na i iznad 10 000 ft (3050 m) AMSL	A B C D E F G	8 km	1500 m horizontalno 1000 ft (300 m) vertikalno
Ispod 10 000 ft (3050 m) AMSL, ili iznad 1000 ft (300 m), što je veće	A B C D E F G	5 km	1500 m horizontalno 1000 ft (300 m) vertikalno
Na i ispod 3000 ft (900 m) AMSL, ili 1000 ft (300 m) iznad tla, što je veće	A B C D E	5 km	1500 m horizontalno 300 m vertikalno
	F G	5 km	Vedro nebo i vidljiv kontakt sa zemljom

Izvor: [1]

Osim kada je neophodno radi slijetanja i polijetanja, VFR let se ne može vršiti, osim uz posebno odobrenje kontrole zračnog prometa, iznad gusto naseljenih dijelova gradova ili naselja, nad javnim masovnim skupovima, na otvorenom prostoru, na visini manjoj od 1000 ft (300 m) iznad najviše prepreke u radijusu 2000 ft (600 m) od zrakoplova, te na visini manjoj od 500 ft iznad kopna ili vodene površine.

Također, bez posebnog odobrenja kontrole zračnog prometa, letenje u VFR pravilima letenja ne može se odobriti niti vršiti između zalaska i izlaska sunca (noću), iznad razine letenja (FL) 200 i iznad većih morskih površina i pustinja [1].

Uz posebno odobrenje kontrole zračnog prometa, mogući su slučajevi VFR leta u meteorološkim uvjetima ispod vizualnih meteoroloških uvjeta za letenje.

Posebni VFR let (eng. Special VFR) je vizualni let čiju provedbu odobrava kontrola zračnoga prometa unutar kontrolirane zone u meteorološkim uvjetima ispod vizualnih meteoroloških uvjeta.

VFR-over-Top let odobrenje za let dozvoljava pilotu zrakoplova let iznad oblaka pri letu u vizualnim uvjetima. Koristi se u kratkom vremenu za slučaj potrebe izbjegavanja potencijalno opasnog vremena ili turbulencije pri letu zrakoplova.

2.2. JEDNOMOTORNI KLIPNI ZRAKOPLOV (SEP)

Podaci o jednomotornom klipnom zrakoplovu preuzeti su iz CAP 697 - Civil Aviation Authority JAR FCL Examinations Flight Planning Manual [2]. Preuzeti podaci ne predstavljaju stvarni zrakoplov, nego generički model jednomotornog klipnog zrakoplova koji se u materijalima za vježbu koristi pri planiranju leta i rješavanju zadataka.

Jednomotorni klipni zrakoplov (eng. Single Engine Piston – SEP) generički je zrakoplov koji karakteristikama predstavlja model zrakoplova B klase performansi.

Zrakoplovima B klase performansi odgovaraju zrakoplovi pogonjeni propelerskim motorom, s maksimalno 9 putničkih mjesta i maksimalnom masom pri polijetanju manjom od 5700 kg.

Podaci o jednomotornom klipnom zrakoplovu (SEP) sadržani u CAP 697 daju podatke o samom zrakoplovu, proračunu goriva, vremena i potrebne udaljenosti penjanja, postavkama snage za krstarenje, te podatke za dolet i istrajnost leta:

1. Karakteristike zrakoplova:

Maksimalna masa na polijetanju (maximum takeoff mass)	3650 lb
Maksimalna masa na slijetanju (maximum landing mass)	3650 lb
Maksimalni kapacitet goriva (maximum fuel load)	74 US gal
Gustoća goriva (fuel density)	6 lb/gal

2. Gorivo, vrijeme i prijeđena udaljenost tijekom penjanja (slika 3) – grafikon daje vrijeme (minute), količinu goriva (eng. US gallons) i udaljenost (eng. NAM – nautical air miles) za penjanje do bilo koje visine po tlaku od srednje razine mora (eng. MSL – Mean Sea Level).
3. Postavke snage zrakoplova u krstarenju (tablica 2) – u krstarenju je potrebno postaviti zadanu snagu motora prema određenoj visini leta i temperaturi okoline. Podaci su prezentirani u 4 tablice i daju performanse zrakoplova ovisno o postavci snage i devijaciji od uvjeta standardne atmosfere (eng. ISA – International Standard Atmosphere).
4. Profil doleta zrakoplova – grafikon pruža određivanje doleta u mirnom zraku uz mogućnost odabira 4 različite postavke snage. Dolet proračunat iz grafikona uključuje gorivo potrebno za penjanje, krstarenje, voženje, probu motora i 45 minuta rezerve.
5. Profil istrajnosti zrakoplova – grafikon pruža izračun preostalog vremena za let sa određenom količinom goriva u zrakoplovu [2].

Za proračun odabrane rute leta, koristi se grafikon goriva, vremena i prijeđene udaljenosti tijekom penjanja (slika 3) za proračun segmenta penjanja zrakoplova i tablica sa postavkama snage zrakoplova u krstarenju (tablica 2) pomoću kojih se izračunavaju brzina leta, ukupno trajanje leta te potrošnja goriva zrakoplova prema odabranim visinama krstarenja.

2.3. MJERNE JEDINICE

U planiranju letenja mjerenje, prikaz i praćenje navigacijskih elemenata etapa vrši se pomoću definiranih mjernih jedinica za svaku od mjerenih veličina, te je njihovo poznavanje ključno za kvalitetnu pripremu i provedbu leta. Sljedeće navedene mjerne jedinice i referentni sustavi korišteni su u pripremi rute;

1. **Vrijeme** – mjeri se i određuje univerzalnim vremenom (Universal Time Coordinated – UTC) koje se izražava kao srednje lokalno vrijeme na poziciji Greenwicha (nulti meridijan). Izražava se u minutama (eng. Minute, min).
2. **Lokacija** – primjenjuje se Svjetski geodetski sustav 84 (eng. World Geodetic System – WGS 84).
3. **Udaljenost** – koristi se nautička milja (eng. Nautical Mile, NM), visina se izražava u stopama (eng. Feet, ft)
4. **Brzina** – izražava se u čvorovima (eng. Knots, kn). ili pri izražavanju brzine penjanja/spuštanja u stopama po minuti (eng. Feet per Minute ft/min).
5. **Kurs, smjer i pravac** – leta, kao i smjer iz kojega vjetar puše izražavaju se u stupnjevima (eng. Degrees, º), u brojčanim vrijednostima između 000^0 i 360^0 mjeren u smjeru kazaljke na satu od pravca sjevera.
6. **Tlak** – izražava se u hektopaskalima (hPa) pri postavljanju barometarskog visinomjera, a tlak punjenja izražava se u inčima žive (eng. Inches of Mercury, in. Hg).
7. **Masa** – izražava se u funtama (eng. Pounds, lb), ili pri izražvanju potrošnje goriva u funtama po satu (eng. Pounds per Hour, PPH).
8. **Količina goriva** – izražava se u US galonima (eng. US gallons, US gal).
9. **Gustoća goriva** – izražava se u funtama po galonu (eng. Pounds per Galon lb/gal).

Osim navedenih, za iste veličine u zrakoplovstvu mogu se primjenjivati i druge mjerne jedinice [3]. Međunarodni sustav mjernih jedinica (SI sustav) je sustav mjernih jedinica čija je uporaba zakonom propisana u većini država svijeta te se također primjenjuju u zrakoplovstvu. U proračunima i primjerima koriste se anglosaksonske mjerne jedinice koje se koriste u materijalima za vježbu i EASA-FCL ispitima (Planiranje letenja i performanse).

3. NAVIGACIJSKA PRIPREMA LETA

3.1. NAVIGACIJSKI ELEMENTI RUTE LETA

3.1.1. KURS, SMJER I PRAVAC LETA

Kurs, smjer i pravac leta temeljni su pojmovi u zrakoplovnoj navigaciji kojima se određuje putanja i pozicija zrakoplova u prostoru. Definiraju kretanje od jedne točke prema drugoj, stoga je njihovo određivanje i proračunavanje neophodan dio pripreme svakog leta.

Kurs leta (eng. Course – CS) kut je mjeren u smjeru kazaljke na satu od pravca sjevera do namjeravane putanje leta zrakoplova iznad površine Zemlje. Kurs leta može se izražavati kao pravi, magnetski i kompasni kurs, ovisno o referetnom sjeveru u odnosu na kojeg se mjeri.

Smjer leta (eng. Track – TC) kut je mjeren u smjeru kretanja kazaljke na satu od pravca sjevera do stvarne putanje leta zrakoplova u odnosu na površinu Zemlje. Smjer leta može se izražavati kao pravi, magnetski i kompasni smjer, ovisno o referentnom sjeveru u odnosu na kojeg se mjeri.

Pravac leta (eng. Heading – HDG) kut je mjeren u smjeru kazaljke na satu od pravca sjevera do produljenog pravca uzdužne osi zrakoplova. Pravac leta može se izražavati kao pravi, magnetski i komapsni, ovisno o referentnom sjeveru u odnosu na kojeg se mjeri.

Kurs, smjer i pravac leta izražavaju se u stupnjevima u brojčanim vrijednostima između 000^0 i 360^0.

Pravac sjevera u zrakoplovstvu može se odrediti u odnosu na pravi (geografski) sjever (N_T), magnetski sjever (N_M) i kompasni sjever (N_C).

Kutna razlika između pravog i magnetskog sjevera naziva se varijacija (VAR), te je posljedica nepodudaranja geografskih sa magnetskim polovima.

Kutna razlika između magnetskog i kompasnog sjevera naziva se devijacija (DEV) te je posljedica magnetizma zrakoplova koji utječe na ispravnost pokazivanja kompasa [4].

Ucrtavanjem pojedinih etapa rute na kartu, izmjere se pravi putni kutovi, koji se potom korigiraju za varijaciju i devijaciju, čime se dobiva kompasni kurs leta.

Pod utjecajem vjetra, kut između namjeravane putanje leta i pravac uzdužne osi zrakoplova neće se podudarati, već će njihova razlika biti kut zanošenja (DA) (eng. Drift Angle).

Kut zanošenja ovisit će o bočnoj komponenti vjetra. Uz poznat kut zanošenja, može se odrediti kut ispravke (CA) (eng. Correction Angle) koji je jednakog iznosa kao kut zanošenja, ali suprotnog usmjerenja.

Time se pravac i kurs leta neće biti jednaki, ali kurs i stvarni smjer leta će se podudarati.

Računska formula za kompasni kurs leta zapisuje se u obliku formule (1):

$$CH = TC + (\pm VAR) + (\pm DEV) + (\pm CA) \qquad 1$$

3.1.2. BRZINA LETA

Brzina leta prijeđeni je put zrakoplova u jedinici vremena. Mjeri se u čvorovima (eng. Knots, kn). Pilot podatak o brzini dobiva preko brzinomjera. Vrijednost brzine leta zrakoplova kroz zrak razlika je ukupnog i statičkog tlaka zraka.

Za zrakoplovnu navigaciju važne su zračna (v) i putna (w) brzina zrakoplova. Zračna brzina mjeri se u odnosu na zračne strujnice u kojima zrakoplov leti te na nju ne utječe vjetar. Zbog različitih utjecaja na zrakoplov u letu i grešaka u mjerenju, razlikuju se više vrsta brzina, koje mogu biti:

1. **Instrumentalna brzina** (v_i) očitava se na instrumentu, a nije korigirana za grešku položaja ugradnje pitot-statičke instalacije i grešku samog instrumenta;
2. **Indicirana brzina** (v_i') (eng. Indicated Air Speed – IAS) prikazuje se na brzinomjeru koji je korigiran za mehaničku grešku instrumenta koje se javlja zbog trenja mehanizma;
3. **Kalibrirana brzina** (v_c) (eng. Calibrated Air Speed – CAS) dobiva se kada se inducirana brzina korigira za grešku položaja ugradnje pitot-statičke instalacije;
4. **Ekvivalentna brzina** (v_e) (eng. Equivalent Air Speed – EAS) dobiva se nakon ispravke kalibrirane brzine za utjecaj stlačivosti zraka na visini na kojoj zrakoplov leti;
5. **Stvarna brzina** (v) (eng. True Air Speed – TAS) dobiva se nakon obavljene korekcije ekvivalentne brzine za utjecaj gustoće zraka;
6. **Putna brzina** (w) (eng. Ground Speed – GS) je brzina zrakoplova u odnosu na Zemlju uzimajući u obzir utjecaj vjetra na putanju leta zrakoplova.

Izračunava se na temelju stvarne brzine kojoj se pridodaje ili oduzima komponenta brzine vjetra u pravcu leta zrakoplova [4], [5].

Za proračun navigacijskih elemenata u pripremi i obavljanju leta, osobito je važna putna brzina jer preko nje dobiva se vrijeme trajanja pojedine etape na ruti u realnim uvjetima koji prevladavaju. U slučaju mirnog zraka, putna brzina biti će jednaka stvarnoj. U stvarnim uvjetima, takav slučaj je rijedak.

3.1.3. VISINA LETA

Visina leta okomita je udaljenost zrakoplova od određene horizontalne razine koja se uzima kao temelj mjerenja. Važan je navigacijski element rute, kao sigurnosni čimbenik leta u odnosu na reljef i meteorološke pojave. Također, izbor visine leta važan je čimbenik pri određivanju potrošnje goriva i istrajnosti leta [4].

Za mjerenje visine u zrakoplovstvu koristi se barometarski visinomjer koji podatke o visini dobiva preko statičkog otvora na trupu zrakoplova. Tako izmjerena visina naziva se visina prema tlaku (eng. Pressure altitude). Za potrebe izračuna, visina će se izražavati kao okomita udaljenost zrakoplova od određene horizontalne razine, mjerena u stopama (eng. Feet, ft).

Prema referentnom tlaku zraka prema kojem se mjeri, visina po tlaku može se izraziti kao:

1. **Apsolutna visina** (eng. Altitude) vertikalna je udaljenost razine, točke ili objekta koji se smatra točkom, mjereno od srednje razine mora. Apsolutna visina dobiva se tako da se skala tlaka na visinomjeru postavi na vrijednost tlaka koji bi prema uvjetima MSA vladao na razini mora, kada je na poznatoj visini aerodroma poznata vrijednost tlaka zraka. Vrijednost tlaka ima oznaku QNH;
2. **Razina leta** (eng. Flight level) površina je stalnog atmosferskog tlaka određena u odnosu na specifičnu vrijednost tlaka od 1013,25 hPa. Razina leta dobiva se postavljanjem vrijednosti tlaka 1013,25 hPa na visinomjeru. Nulta razina leta je određena na razini atmosferskog tlaka od 1013,25 hPa i pri temperaturi +15 ^{0}C. Vrijednost tlaka ima oznaku QNE.
3. **Stvarna visina** (eng. Height) vertikalna je udaljenost razine, točke ili objekta koji se smatra točkom, mjereno od utvrđene vrijednosti.

Utvrđena vrijednost najčešće je aerodrom polijetanja ili slijetanja. Tlak zraka koji postavljen na visinomjeru kako bi se odredila stvarna visina ima oznaku QFE [5].

Zrakoplovom se ne smije letjeti ispod minimalnih visina koje su utvrđene od strane države iznad koje se leti osim prilikom uzlijetanja i slijetanja i u skladu sa postupcima utvrđenima od strane te države pod uvjetom da operator dokaže da operacije ne stvaraju opasne uvjete za osobe i imovinu na zemlji.

Minimalna sigurna visina osigurava da u slučaju slijetanja u nuždi neće doći do neprimjerenog i nepotrebnog uznemiravanja stanovništva bukom zrakoplova, odnosno nepotrebnog ugrožavanja osoba i stvari na tlu ili vodi.

Za VFR letove minimalna sigurna visina iznad gusto naseljenih gradova i naselja te iznad javnih masovnih skupova na otvorenom prostoru, ne smije biti manja od 1000 ft (300 m) iznad najviše prepreke u radijusu 2000 ft (600 m) od zrakoplova i 500 ft iznad kopna ili vodene površine [1].

Određivanje visine leta za odabranu rutu leta biti će detaljnije objašnjeno u sedmom poglavlju.

3.1.4. VRIJEME LETA

Mjerenje vremena u navigaciji omogućava u planiranju leta precizno određivanje položaja zrakoplova u prostoru uz poznat smjer i brzinu leta. U zrakoplovnoj navigaciji može se određivati trenutak ili trajanje. Izborom rute i proračunom brzine leta zrakoplova i utjecaja vjetra, može se precizno odrediti vrijeme prelaska preko pojedinih orijentira i dolaska na aerodrom slijetanja. Ukoliko se izgubi orijentacija, mjerenjem proteklog vremena i smjera kretanja od posljednje poznate točke, može se utvrditi stvarna pozicija zrakoplova [4]. Za navigacijske potrebe, vrijeme se izražava u satima i minutama, uz točnost od 0,5 min. Osim u navigacijskoj pripremi leta, vrijeme je element i pri planiranju potrošnje goriva, pa se tako istrajnost leta određuje u satima. Računanje vremena u zrakoplovstvu je standardizirano i određeno univerzalnim vremenom (eng. Universal Time Coordinated – UTC) koje se izražava kao srednje lokalno vrijeme na poziciji Greenwicha (nulti meridijan).

3.2. IZBOR RUTE LETA

Ruta leta optimalna je putanja leta zrakoplova od početne do završne točke koja osigurava što kraće trajanje leta. Pri odabiru rute, važno je da smjerom prostiranja udovoljava zahtjevima i ograničenjima prema pravilima letenja.

Također, izborom rute ne smije biti ugrožena sigurnost leta zrakoplova u odnosu na reljef terena i meteorološku situaciju. Nužno je izbjeći zone zaleđivanja, olujne oblačnosti, prostore s jakom turbulencijom i visoke planinske predjele. Smjer rute trebao bi biti što izravniji, uz što manje skretanja, kako bi se osiguralo najkraće trajanje leta, ako to uvjeti dozvoljavaju [4].

Pri izboru rute leta potrebno je odrediti orijentire za početnu i krajnju točku rute, prekretne orijentire, kontrolne orijentire na pojedinim etapama rute i optimalnu visinu leta koja osigurava sigurno nadvisivanje prepreka, ali i udovoljava zahtjevima performansi zrakoplova, računajući da zrakoplov ima različitu potrošnju na pojedinim visinama leta [5].

Za primjer planiranja leta za jednomotorni klipni zrakoplov u VFR pravilima letenja, odabrana je ruta leta sa zračne luke Zagreb (ICAO kod zračne luke: LDZA) do zračne luke Zadar (LDZD).

Nakon odabira rute, važno je odrediti orijentire na planiranoj ruti, koji trebaju biti dovoljno jasni i uočljivi za pilota. Za primjer, uzeta je ruta od polazne zračne luke Zagreb (LDZA), početna točka rute Ranžirni kolodvor (N3), zatim Rakov Potok (R2), Jastrebarko (W1), Tounj, Senj, Rab, Vir (V1), Rivanj (R1), završna točka rute Kali (W2) sa slijetanjem na zračnoj luci u Zadru (LDZD). Za alternativni aerodrom slijetanja, odabrana je zračna luka Rijeka (LDRI).

Nakon definiranja rute, istu je potrebno ucrtati na karti standardnim simbolima i oznakama, što će detaljnije biti objašnjeno u desetom poglavlju.

4. OBRADA METEOROLOŠKIH INFORMACIJA

Pilot prije svakog leta mora biti detaljno upoznat sa svim mogućim meteorološkim pojavama na izabranoj ruti leta. O meteorološkim uvjetima ovisit će smije li krenuti na let u VFR uvjetima, utjecati će na izbor idealne visine leta za performanse zrakoplova i upozoriti će pilota na sve potencijalno opasne atmosferske pojave. Na osnovi analize meteoroloških podataka prije leta donosi se odluka o provedbi leta ili o eventualnoj promjeni rute i visine leta zrakoplova.

Radi pravilnog i pravodobnog iskorištavanja meteoroloških podataka za potrebe zrakoplovstva potrebno je da prilikom planiranja leta pilot zatraži i pravilno protumači meteorološke podatke o sadašnjem i budućem stanju atmosfere u zračnim lukama i na putanjama leta (meteorološka priprema za let). Za upoznavanje meteoroloških uvjeta prije leta, pilot treba proučiti prizemne i visinske karte, posljednje podatke o vremenu kao i prognozu vremena na ruti leta. Podaci mogu biti prikazani u šifriranom ili opisnom obliku te kao meteorološke karte.

Za letove manjih zrakoplova u VFR pravilima leta u najnižih nekoliko kilometara, osobito su važni podaci o stanju atmosfere od tla do oko 10 000 ft visine (3 km), prizemna vidljivost, količina i vrsta oblaka te visina baze i vrha oblaka, te područja jake turbulencije i zaleđivanja [6].

Zrakoplovna meteorologija u Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe pruža usluge svim korisnicima u zrakoplovstvu kojima su informacije o vremenu potrebne za planiranje i izvedbu leta ili na bilo koji način ovise o vremenu [7].

Osim što pružaju neophodne informacije o svim važnim meteorološkim pojavama, meteorološke informacije spadaju i u obavezan dio letne dokumentacije koji pilot zrakoplova mora imati sa sobom pri svakom letu.

4.1. METEOROLOŠKE KARTE

4.1.4. KARTE ZNAČAJNOG VREMENA

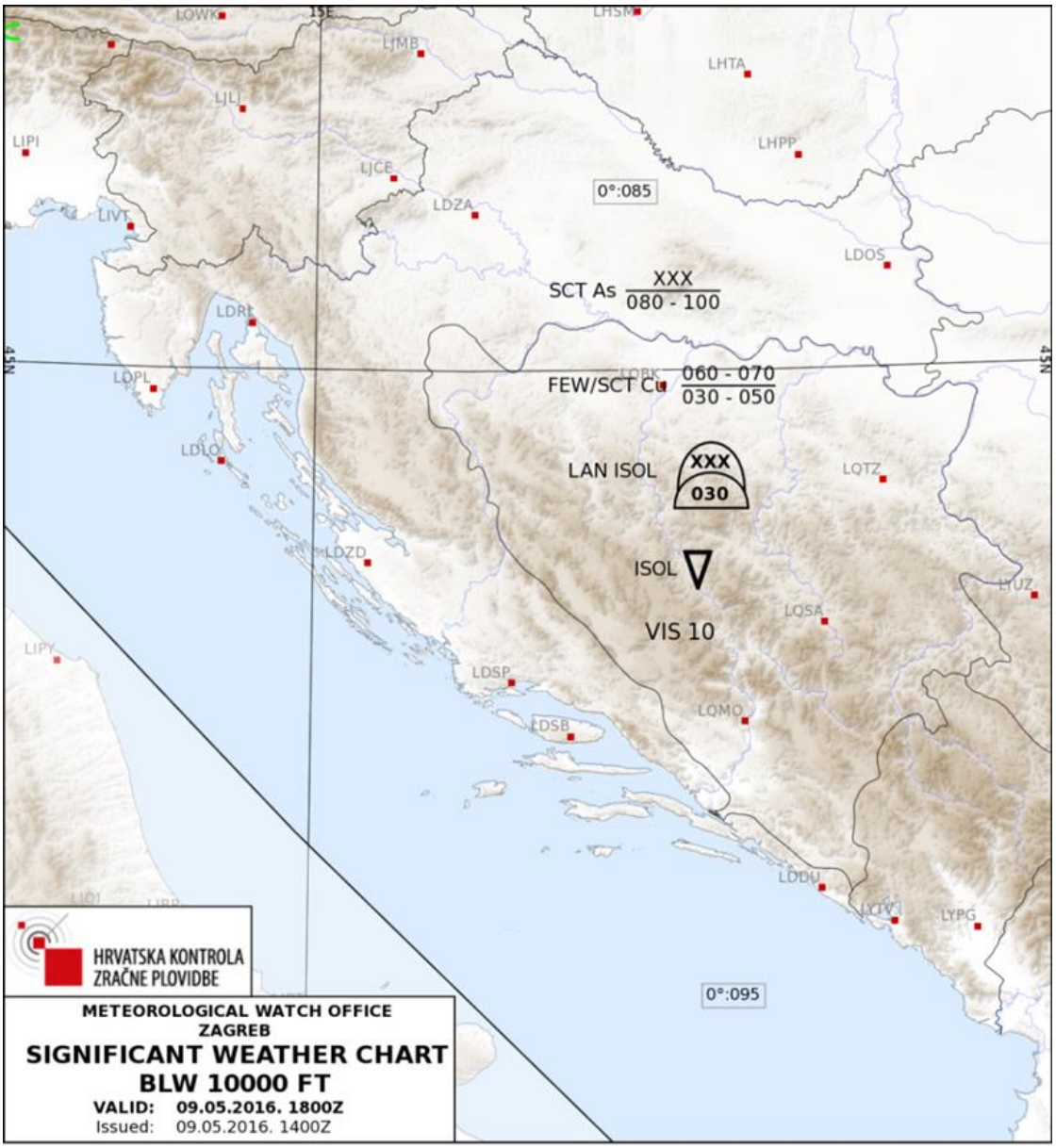
Kao najpogodniji oblik prikazivanja stvarnog i predviđenog vremena u zrakoplovstvu se koriste meteorološke karte značajnog vremena (eng. SWC – Significant Weather Chart, slika 1), koje prikazuju značajnu naoblaku, frontalne sustave, mlazne struje i sve potencijalno opasne atmosferske pojave za zrakoplov u letu. Pojedine važnije atmosferske pojave prikazane su na kartama značajnog vremena posebnim znakovima i kraticama s kojima pilot treba biti upoznat kako bi ih mogao pravilno protumačiti. Za let po VFR pravilima letenja važna je visina baze oblaka i njihovo rasprostiranje te meteorološke pojave na ruti leta koje mogu ugroziti sigurnost leta zrakoplova.

4.1.5. VISINSKE KARTE

Na visinskim kartama za odabranu visinu leta (5000 ft u primjeru, slika 2.) prikazuju se visinski vjetrovi pomoću zastavica i temperatura zraka. Karte su izdane od nadležnih zrakoplovnih vlasti i primjenjive su za navedeni datum i vrijeme. Temperatura zraka (T) izražena je brojčanom vrijednosti u stupnjevima celzijusa (ºC) i ima negativnu vrijednost osim ako ispred nje nije oznaka plusa (+). Jačina vjetra izražena je u čvorovima (kn) i to na način da je: jedna mala kosa crta 5 kn, jedna okomita crta 10 kn, jedna dulja i jedna kraća okomita crta 15 kn, dvije okomite dulje crte 20 kn, jedan zacrnjeni trokut 50 kn. Zastavica je usmjerena tako da pokazuje smjer odakle vjetar puše, odnosno označava azimut vjetra.

Primjer:

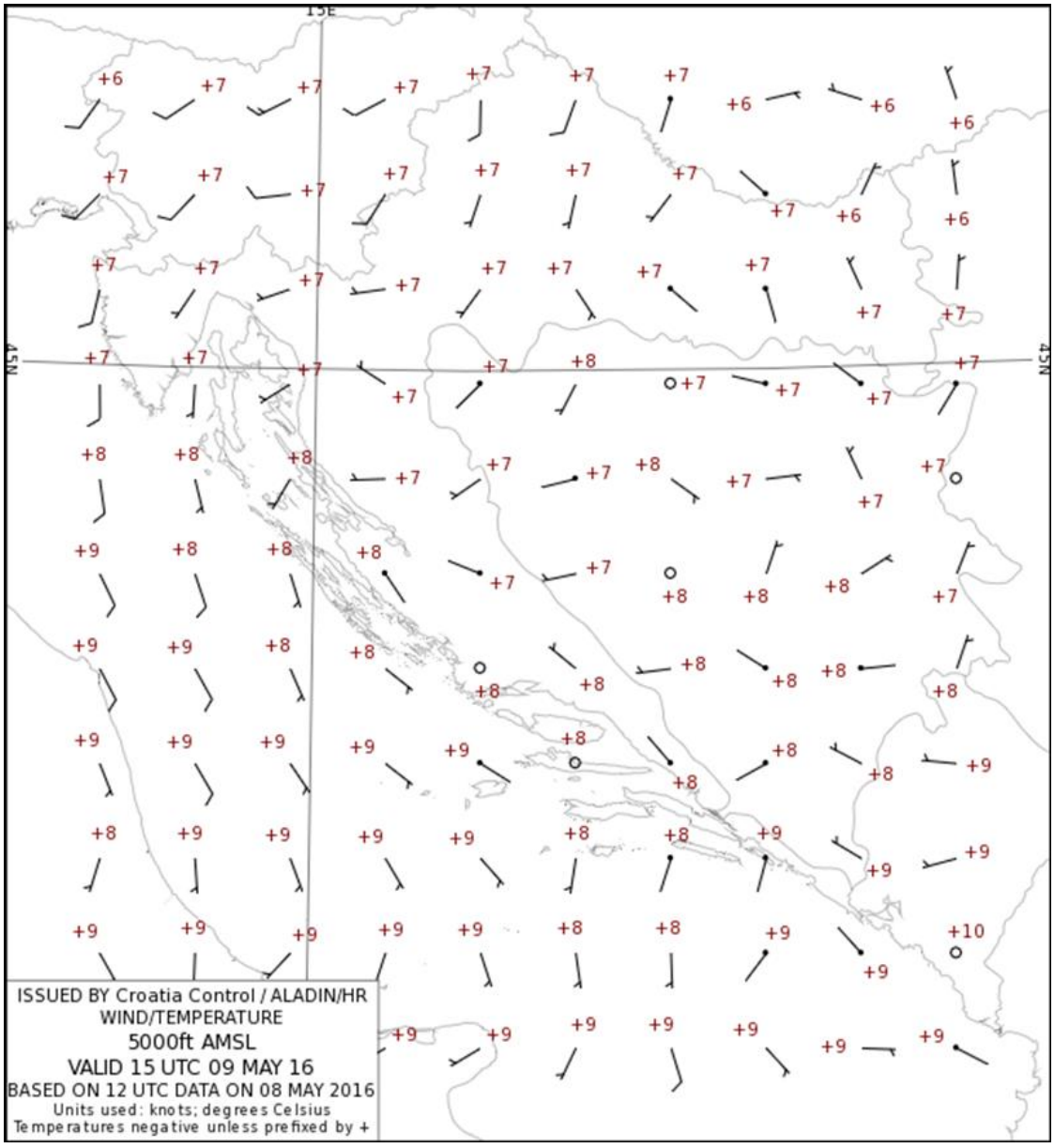
Iz karte značajnog vremena za primjer, može se očitati količina naoblake koja prekriva nebo (few=1/8-2/8, sct=3/8-4/8) i vrsta oblaka koji su prisutni (As-Altostratus, Cu-Cumulus), sa rasponima visina na kojima se pojavljuju. na pojedinim lokacijama, pojavljuju se i izolirani kumulusi jakog vertikalnog razvoja s bazom od 3000 ft. Mjestimično postoji mogućnost pljuskova.



Slika 1. Karta značajnog vremena ispod visine 10 000 ft [7]

Primjer:

Iz karte za primjer odabrane rute između Zagreba i Zadra vidljivo je da prevladava južni i jugoistočni vjetar jačine 5 kn, uz temperaturu 7-8 ºC na visini od 5000ft.



Slika 2. Karta vjetra i temperature za visinu 5000 ft [7]

4.2. ŠIFRIRANA METEOROLOŠKA IZVJEŠĆA

Šifrirana meteorološka izvješća mogu sadržavati razne podatke – o stvarnom vremenu, o prognoziranom vremenu, o upozorenjima na opasne meteorološke pojave. S obzirom na vrstu meteorološke informacije, razlikuju se:

1. METAR – redovito šifrirano izvješće o stanju vremena u zračnoj luci, izdaje se svakih 30 ili 60 minuta, ovisno o važnosti aerodroma
2. SPECI – posebno šifrirano izvješće o stanju vremena na u zračnoj luci
3. SIGMET – upozorenje o opasnim vremenskim pojavama
4. TREND – naznaka predviđene promjene vremena u sljedeća dva sata od trenutka motrenja
5. TAF – prognoza vremena za zračnu luku šifriranom obliku za razdoblje 9 do 24 sata od vremena izdavanja prognoze
6. ARFOR – područna prognoza vremena
7. AIREP – izvješće pilota o vremenskim uvjetima tijekom leta

Primjer:

METAR LDZA 091400Z VRB03KT CAVOK 24/10 Q1017 NOSIG=

METAR izvješće za zračnu luku Zagreb za 9. dan u mjesecu, izdan u 14:00 sati UTC. Vjetar varijabilan jačine 3 kn, podnica oblaka je preko 5000 ft iznad aerodroma ili iznad MSA (što je veće), horizontalna vidljivost 10 km ili više, temperatura 24 °C, rosište 10 °C, tlak srednje razine mora 1017 hPa, bez značajnijih očekivanih promjena vremena.

METAR LDZD 091400Z 23006KT 160V320 9999 FEW050 22/09 Q1019 NOSIG=

METAR izvješće za zračnu luku Zadar za 9. dan u mjesecu, izdan u 14:00 sati UTC. Smjer vjetra iz 230° jačine 6 kn, uz varijaciju smjera puhanja od 160°-320°, horizontalna vidljivost 10 km ili više, količina oblaka koji prekrivaju nebo 1/8-2/8 na visini 5000 ft iznad aerodroma, temperatura 22 °C, rosište 9 °c, tlak srednje razine mora 1019 hPa, bez značajnijih očekivanih promjena vremena.

TAF LDZA 091125Z 0912/1012 VRB02KT CAVOK

TX23/0914Z TN10/1004Z

PROB40 TEMPO 0912/0915 TSRA FEW030CB=

TAF izvješće za zračnu luku Zagreb, izdano 9. dan u mjesecu u 11:25 sati UTC. Prognoza vrijedi od 9. dana u mjesecu u 12:00 sati do 10. dana u mjesecu u 12:00 sati. Vjetar varijabilan 2 kn, podnica oblaka je preko 5000 ft iznad aerodroma ili iznad MSA (što je veće), horizontalna vidljivost 10 km ili više.

Maksimalna prognozirana vrijednost temperature zraka 23 °C 9. dana u mjesecu u 14:00 sati UTC, minimalna prognozirana vrijednost temperature zraka 10 °C 10. dana u mjesecu u 04:00 sati UTC.

Između 12:00 i 15:00 sati UTC 9. dana u mjesecu 40% je vjerojatnost kiše uz grmljavinsko nevrijeme, uz količinu oblaka (kumulonimbus) koji prekrivaju nebo 1/8-2/8 na visini 3000 ft.

TAF LDZD 091125Z 0912/1012 24006KT 9999 FEW035

TX22/0912Z TN09/1003Z

BECMG 0914/0916 26005KT

BECMG 1007/1009 15008KT=

TAF izvješće za zračnu luku Zadar, izdano 9. dan u mjesecu u 11:25 sati UTC. Prognoza vrijedi od 9. dana u mjesecu u 12:00 sati do 10. dana u mjesecu u 12:00 sati. Smjer vjetra iz 240° jačine 6 kn. horizontalna vidljivost 10 km ili više, količina oblaka koja prekriva nebo 1/8-2/8 na visini 3500 ft iznad aerodroma.

Maksimalna prognozirana vrijednost temperature zraka 22 °C 9. dana u mjesecu u 12:00 sati UTC, minimalna prognozirana vrijednost temperature zraka 9 °C 10. dana u mjesecu u 03:00 sati UTC.

Između 14:00 i 16:00 sati UTC 9. dana u mjesecu prognoziran je vjetar iz smjera 260° jačine 5 kn.

Između 07:00 i 09:00 sati UTC 10. dana u mjesecu prognoziran je vjetar iz smjera 150° jačine 8 kn.

5. PRORAČUN SEGMENATA PENJANJA

5.1. UTJECAJNE VELIČINE NA PERFORMANSE ZRAKOPLOVA TIJEKOM PENJANJA

Prilikom penjanja zrakoplova, razne veličine utječu na prijeđenu udaljenost pri penjanju, vrijeme penjanja i potrošnju goriva pri penjanju.

Veličine koje utječu na prijeđenu udaljenost u penjanju su masa, višak potiska, konfiguracija zrakoplova, gustoća zraka i vjetar.

Na vrijeme penjanja utječu masa, konfiguracija zrakoplova i gustoća zraka.

Pri penjanju zrakoplova, definira se gradijent penjanja i brzina penjanja zrakoplova.

Gradijent penjanja zrakoplova (eng. Climb gradient) je omjer visine i prijeđene udaljenosti pri penjanju i ovisi o masi zrakoplova i višku potiska. Za određenu masu zrakoplova, gradijent penjanja bit će maksimalan za najveći višak potiska.

Brzina penjanja zrakoplova (eng. Rate of climb – RoC) je prirast visine u jedinici vremena i ovisi o višku snage i masi zrakoplova. Za određenu masu zrakoplova, brzina uzdizanja bit će maksimalna za najveći višak snage.

Povećanjem mase zrakoplova povećava se potrebna snaga, a smanjuje višak snage, što rezultira smanjenom brzinom penjanja, čime se povećava vrijeme potrebno za penjanje. Veća masa zrakoplova utjecat će i na povećan otpor zrakoplova pri penjanju, a rezultira smanjenjem viška potiska i povećava udaljenost potrebnu za penjanje. Povećanjem mase, povećavaju se i brzina najboljeg kuta i gradijenta penjanja.

Pri letu sa izvučenim zakrilcima i podvozjem, zrakoplov će imati povećan otpor, što povećava potrebnu snagu za penjanje, a rezultira povećanjem vremena penjanja i smanjuje brzinu najboljeg gradijenta penjanja. Smanjen gradijent penjanja povećati će udaljenost potrebnu za penjanje, a brzina najboljeg kuta i gradijenta penjanja biti će smanjena.

Povećanje temperature ili tlaka zraka ima za posljedicu smanjenje raspoložive snage. Višak snage se smanjuje i time se smanjuje brzina penjanja, a povećava vrijeme penjanja. Također, smanjuje se višak potiska, što rezultira povećanjem potrebne udaljenosti za penjanje [8].

5.2. PRORAČUN VREMENA, GORIVA I PRIJEĐENE UDALJENOSTI TIJEKOM PENJANJA

Za proračun segmenta penjanja koristi se dijagram vremena, goriva i udaljenosti prijeđene tijekom penjanja (slika 3) [2]. Ulazni podaci za dijagram su vanjska temperatura zraka (OAT, ºC), visina (ALT, ft) aerodroma polijetanja i željene visine krstarenja te ukupna masa zrakoplova (m, lb). Nakon određivanja iznosa vremena (eng. TIME, min), goriva (eng. FUEL, US gal) i udaljenosti (eng. DISTANCE, NAM) penjanja za obje odabrane visine, dobivene vrijednosti se oduzmu kako bi se dobile stvarne vrijednosti potrebnog vremena, potrošenog goriva i prijeđene udaljenosti tijekom penjanju.

Primjer:

Visina po tlaku aerodroma:	354 ft
Visina po tlaku krstarenja:	2000 ft;
	6000 ft;
	5000 ft
Temperatura zraka aerodroma:	20 ºC
Temperatura zraka u krstarenju:	15ºC (2000 ft); 8 ºC (6000 ft)
Masa zrakoplova:	3650 lb
Vrijeme za penjanje:	2 min - 0,2 min = 1,8 min (do 2000 ft);
	8 min - 2 min = 6 min (2000-6000 ft)
Gorivo za penjanje:	1 US gal - 0,2 gal= 0,8 US gal (do 2000 ft);
	3 US gal - 1 US gal = 2 US gal (2000-6000 ft)
Udaljenost prijeđena	5 NAM - 0,1 NAM = 4,9 NAM (do 2000 ft);
tijekom penjanja:	15 NAM - 5 NAM = 10 NAM (2000-6000 ft)

Dobivene vrijednosti vremena, goriva i prijeđene udaljenosti tijekom penjanja, od visine aerodroma od 354 ft do visine krstarenja od 2000 ft, a zatim daljnje penjanje od 2000 ft do visine krstarenja od 6000 ft, ostvarit će se uz maksimalnu postavku snage pri brzini vrtnje 2500 RPM.

Dobivena vrijednost prijeđene udaljenosti tijekom penjanja izražena je u odnosu na zrak kroz koji se zrakoplov kreće, u nautičkim zračnim miljama (eng. NAM – Nautical Air Mile).

Obzirom da zrakoplov rijetko leti kroz potpuno miran zrak, pojavom vjetra (eng. Wind component – WC) potrebno je pretvoriti nautičke zračne milje u nautičke zemljane milje (eng. NGM – Nautical Ground Mile) kako bi se dobila udaljenost koju zrakoplov prijeđe u odnosu na tlo.

Odnos između NAM, NGM, TAS, GS, WC zapisuje se formulom (2):

$$\frac{NGM}{NAM} = \frac{GS}{TAS} = \frac{TAS \pm WC}{TAS} \qquad 2$$

Pri planiranju i praćenju navigacijskih elemenata na ruti leta, potrebno je uračunati utjecaj vjetra na performanse zrakoplova. Pri letu odabranom rutom leta, očekivani vjetar je čeoni jačine 5 kn. Pri proračunu udaljenosti u penjanju, udaljenost koju zrakoplov prijeđe u odnosu na zrak bit će veća u odnosu na udaljenost koju prijeđe u odnosu na zemlju.

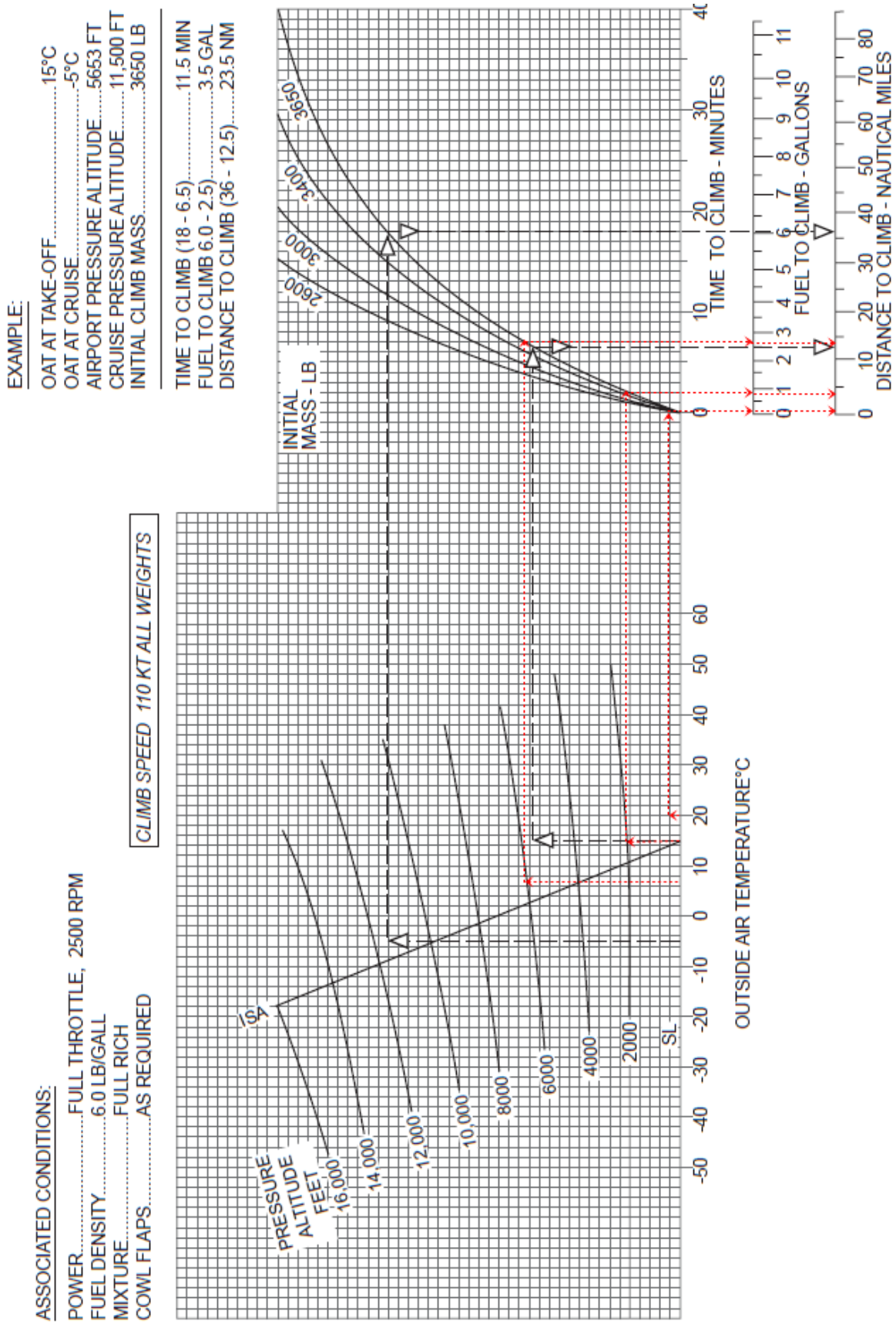
Primjer:

Udaljenost prijeđena tijekom penjanja:
5 NAM - 0,1 NAM = 4,9 NAM (do 2000 ft);
15 NAM - 5 NAM = 10 NAM (2000-6000 ft)

Nakon uvrštavanja poznatih vrijednosti NAM, TAS, WC u formulu (2) dobiva se prijeđena udaljenost u penjanju u odnosu na tlo koja za penjanje do 2000 ft iznosi 4,7 NGM, a za penjanje 2000-6000 ft iznosi 9,5 NGM.

Za let do alternativnog aerodroma, vjetar će biti leđni istog iznosa te će za penjanje do 2000 ft visine prijeći 5,2 NGM.

U slučaju čeonog vjetra, za let do najviše točka penjanja (eng. Top of climb – TOC) zrakoplov će prijeći veću udaljenost u odnosu na Zemlju nego u slučaju leđnog vjetra.



Slika 3. Određivanje vremena, goriva i prijeđene udaljenosti tijekom penjanja [2]

6. PRORAČUN SEGMENTA KRSTARENJA

6.1. UTJECAJNE VELIČINE NA PERFORMANSE ZRAKOPLOVA TIJEKOM KRSTARENJA

Pri krstarenju zrakoplova potrebno je postaviti zadanu snagu motora prema određenoj visini leta i vanjskoj temperaturi. Pomoću tablice za postavku snage u krstarenju odabire se postavka snage prema temperaturi na odabranoj visini leta. Ukoliko temperatura značajno odstupa od standardne, odaberu se podaci o potrošnji koji su najbliži stvarnim uvjetima.

Veličine koje utječu na performanse zrakoplova u krstarenju su masa, visina leta, temperatura zraka i vjetar.

Povećanje mase zrakoplova uzrokuje povećanje otpora i potrebne snage koja zahtijeva veći potisak što dovodi do povećanja protoka goriva, što rezultira smanjenjem doleta i istrajnosti leta.

Osim što određuje postavku snage, visina i temperatura zraka utjecat će na brzinu leta i na potrošnju goriva zrakoplova.

Porast temperature zraka na visini krstarenja kod zrakoplova s klipnim motorom uzrokovat će povećanje potrebne snage i protoka goriva, što rezultira smanjenjem doleta i istrajnosti leta [8].

Pri proračunu prijeđene udaljenosti u odnosu na Zemlju u nautičkim zemljanim miljama (NGM), čeoni vjetar smanjuje dolet zrakoplova, a leđni povećava u odnosu na udaljenost prijeđenu u odnosu na zrak u zračnim nautičkim miljama (NAM).

Obzirom na zahtijevane performanse zrakoplova, tablice za postavke snage nude različite postavke snage. Za najkraće trajanje leta, koristit će se tablica s postavama maksimalne snage, a za ekonomičan let snaga će biti postavljena na minimum.

6.2. IZBOR REŽIMA KRSTARENJA

Prilikom odabira krstarenja potrebno je snagu motora prilagoditi režimima krstarenja koji su predloženi za jednomotorni klipni zrakoplov prema visini leta i temperaturi zraka te postaviti određenu kvalitetu smjese. Potrebna snaga motora može se postići s različitim kombinacijama brzine vrtnje i tlaka punjenja, koji se određuju odabirom tablica za postavljanje snage (tablica 2).

Odabrana tablica predstavlja podatke o performansama zrakoplova na postavci snage 23.0 in. Hg (or full throttle) i brzine vrtnje 2,300 RPM.

Iz tablice prvo se odredi temperaturno odstupanje od ISA uvjeta, zatim odredi se visina leta preko koje se očitavaju zadane vrijednosti tlaka punjenja, protoka goriva u funtama (PPH) i US galonima (GPH) po satu, kao i indicirana i stvarna brzina leta.

Primjer:

Visina krstarenja:	6000, 5000 ft, 2000 ft
Temperatura zraka:	7 ºC
Tlak punjenja:	23 in. Hg
Protok goriva:	71.7 PPH; 12,0 GPH (6000 ft);
	70,55 PPH; 11,8 GPH (5000 ft);
	67,40 PPH; 11,2 GPH (2000 ft)
IAS:	148 kn
TAS:	150 kn (6000 ft);
	152 kn (5000 ft);
	147 kn (2000 ft)

Tablica 2. Postavljanje snage u krstarenju

	VISINA PO TLAKU	VANJSKA TEMPERATURA		TLAK PUNJENJA	PROTOK GORIVA		BRZINA LETA	
	FEET	ºC	ºF	IN. HG.	PPH	GPH	KIAS	KTAS
ISA - 20 ºC (36 ºF)	0	-3	26	23.0	67.6	11.3	152	144
	2000	-7	20	23.0	69.7	11.5	152	149
	4000	-11	13	23.0	72.1	12.0	153	154
	6000	-15	6	23.0	74.4	12.4	153	158
	8000	-18	-1	22.4	73.8	12.3	150	160
	10000	-23	-9	20.7	68.4	11.4	143	157
	12000	-27	-16	19.2	63.8	10.5	135	153
	14000	-31	-23	17.8	60.0	10.0	127	148
	16000	-35	-31	16.4.	56.3	9.4	117	141
ISA	0	17	62	23.0	65.4	10.9	147	145
	2000	**13**	**56**	**23.0**	**67.4**	**11.2**	**147**	**149**
	4000	**9**	**49**	**23.0**	**69.4**	**11.6**	**148**	**154**
	6000	**5**	**42**	**23.0**	**71.7**	**12.0**	**148**	**150**
	8000	2	35	22.4	71.1	11.9	145	160
	10000	-3	27	20.7	66.2	11.0	137	157
	12000	-7	20	19.2	61.8	10.3	129	152
	14000	-11	13	17.8.	58.5	9.8	120	146
	16000	-15	5	16.4	55.3	9.2	109	137
ISA +20 ºC (36 ºF)	0	37	98	23.0	63.2	10.5	142	145
	2000	33	92	23.0	65.1	10.9	143	149
	4000	29	85	23.0	67.1	11.2	143	154
	6000	25	78	23.0	69.0	11.5	142	158
	8000	22	71	22.4	68.5	11.4	140	160
	10000	17	63	20.7	64.0	10.7	132	156
	12000	13	56	19.2	60.0	10.0	123	151
	14000	9	48	17.8.	57.1	9.5	113	142
	16000	-	-	-	-	-	-	-

Izvor: [2]

7. PRORAČUN SIGURNE VISINE NADVISIVANJA PREPREKA NA RUTI

7.1. ODREĐIVANJE VISINE LETA

Visina leta okomita je udaljenost zrakoplova od određene horizontalne razine koja se uzima kao temelj mjerenja. Važan je navigacijski element rute, kao sigurnosni čimbenik leta u odnosu na reljef i meteorološke pojave. Također, izbor visine leta važan je čimbenik pri određivanju potrošnje goriva na visini krstarenja, kao i pri penjanju do odabrane visine i istrajnosti leta [4].

Kod obavljanja letova na i ispod prijelazne visine/razine, pilot zrakoplova mora postaviti visinomjer na QNH vrijednost kontroliranog aerodroma najbližeg ruti leta.

IFR letovi i VFR letovi iznad 900 m (3 000 ft), tijekom leta na razini leta, obavljat će se na onim razinama koje odgovaraju magnetskim kursovima prikazanim u tablici 3., kako bi se osiguralo potrebno nadvisivanje terena [1].

Tablica 3. Vertikalna separacija za VFR letove prema polukružnom sustavu raspodjele putnih razina leta

MAGNETSKI SMJER LETA[º]	
000-179	180-359
VISINA [ft]	
FL35/3500	FL45/4500
FL55/5500	FL65/6500
FL75/7500	FL85/8500
FL95/9500	ltd.
ltd.	

Izvor: [1]

U interesu nesmetanog obavljanja zračnog prometa, nadležna kontrola zračnog prometa može odobriti rutu odnosno razinu koja je različita od zatražene. Zatražena promijenjena razina može odstupati od polukružnog sustava putnih razina [1].

7.2. PRORAČUN VISINE RUTE LETA

Nakon polijetanja sa zračne luke Zagreb, do točke W1, od strane kontrole leta ne odobravaju se visine iznad 2000 ft po tlaku QNH. Nakon W1 može se nastaviti penjanje zrakoplova do sigurne visine nadvisivanja prepreka na ruti. Između točaka W1 i Tounj najveću prepreku na ruti predstavlja visina od 1054 ft kraj kontrolnog orijentira Duga Resa.

Između točaka Tounj i Senj nalazi se planinsko područje Velebita, nepristupačan teren, koji zahtjeva veće visine nadvisivanja prepreka. Neposredno uz rutu leta i u neposrednoj blizini nalaze se vrhovi visina 3741 ft i 3714 ft. Okolni teren je u prosjeku visina između 3000-3500 ft. Uz uvjet nadvisivanja prepreka u VFR uvjetima, uz dodan sigurnosni razmak od planinskog područja u slučaju otkaza motora ili drugih nepredviđenih situacija koje bi zahtijevale eventualni dolet do prikladnog područja prisilnog slijetanja, 6000 ft predstavlja sigurnu visinu nadvisivanja svih prepreka na ruti leta. Prilikom leta kroz planinske teren Velebita, osim izbjegavanja područja naoblake, važno je u svakom trenutku imati jasan i pregledan vizualni kontakt s terenom radi sigurnosti obavljanja leta i održavanja vizualnih pravila letenja.

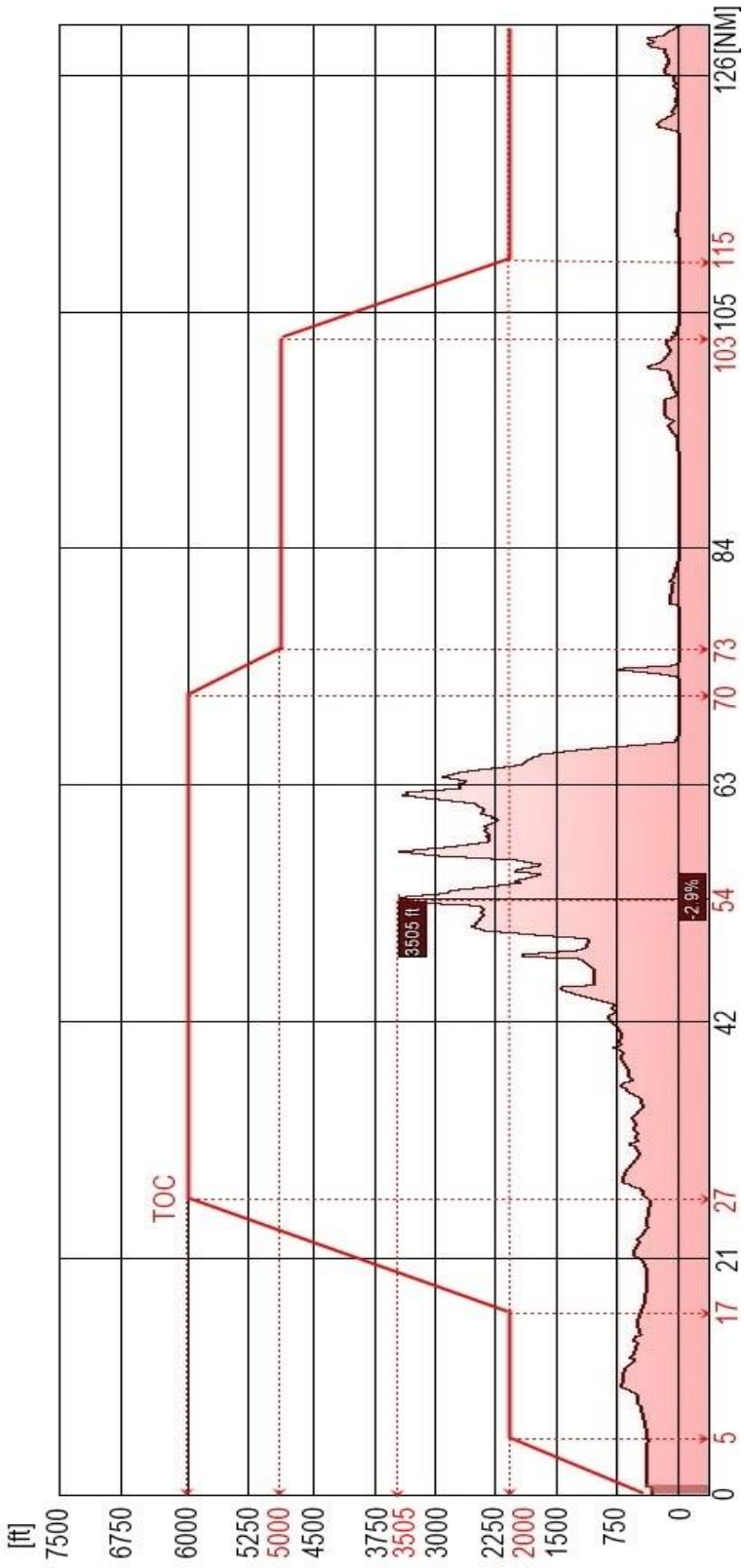
Između točaka Senj i Rab nema značajnijih prepreka, planinsko područje Velebita nalazi se približno paralelno sa odabranom rutom leta, ali na dovoljno sigurnoj udaljenosti da se ne razmatra kao prepreka na ruti. Let se odvija preko morske površine i otoka, uz značajniju prepreku visine 1346 ft na otoku Rabu. Time je sigurno spuštanje zrakoplova na visinu od 5000 ft.

Od Raba nastavlja se ruta prema točki V1, također bez značajnijih prepreka, uz planinsko područje Velebita s lijeve strane u letu koje ne predstavlja prepreku koja se razmatra pri proračunu visine. Najviša prepreka na ruti nalazi se na Pagu i iznosi 1145 ft.

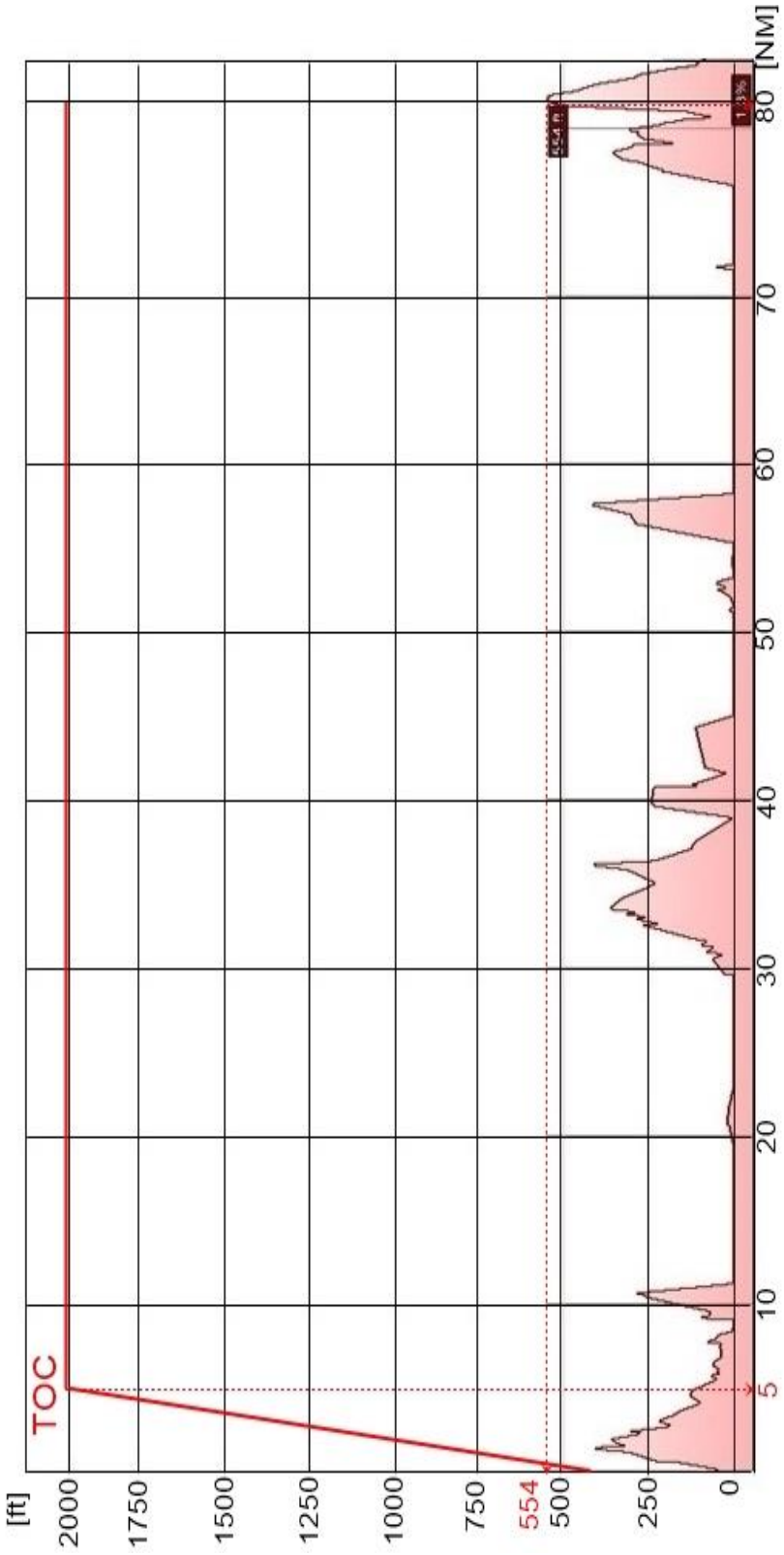
Nakon točke V1 nastavlja se spuštanje zrakoplova na 2000 ft približavanjem odredišnoj zračnoj luci u Zadru. Profil rute leta prikazan je na slici 4.

Za let od odredišne zračne luke u Zadru do alternativnog aerodroma na otoku Krku nema značajnijih prepreka, uz visinu leta od 2000 ft. Profil leta do alternativnog aerodroma prikazan je na slici 5.

U slučaju promjene meteoroloških uvjeta tijekom leta ili drugih okolnosti, moguće je zatražiti i dobiti visinu različitu od one koja je određena u navigacijskoj pripremi leta.



Slika 4. Prikaz profila leta na ruti



Slika 5. Prikaz profila leta do alternativnog aerodroma

8. PRORAČUN GORIVA POTREBNOG ZA LET

Prilikom planiranja leta, ključno je odrediti količinu goriva potrebnu za sigurno izvršavanje leta. Pri određivanju količine goriva za let potrebno je zadovoljiti sigurnosne kriterije minimalnih potrebnih količina goriva za određenu rutu leta, temeljeno na podacima o stvarnoj potrošnji zrakoplova, predviđenim uvjetima leta i ograničenjima u masi zrakoplova.

Nakon polijetanja, pilot treba pratiti količinu goriva u spremnicima redovitim intervalima. Provjera količine goriva provodi se prema proračunu ukupnog goriva i proračunu potrebnog goriva po etapama leta koje pilot kontrolira provjeravajući količinu preostalog goriva i stvarne potrošnje s planiranom.

8.1. UKUPNO GORIVO POTREBNO ZA LET

Proračun goriva vrši se pomoću tablica za postavke snage, u kojima se nalaze podaci o potrošnji zrakoplova pri različitim režimima leta, dani po visinama i izraženi u vrijednostima ISA uvjeta na visini krstarenja, kao i za ISA-20 ºC i ISA+20 ºC.

U proračun ukupnog goriva ulaze:

1. **Gorivo potrebno za voženje (eng. Taxi fuel)** – uzima se količina goriva predviđena za korištenje prilikom voženja do staze za polijetanje. Količina goriva za voženje ne bi smjela biti manja od količine koja se koristi prije polijetanja zrakoplova.
2. **Putno gorivo (eng. Trip fuel)** – računa se gorivo potrebno za penjanje od aerodroma do željene visine krstarenja, uključujući očekivanu odlaznu proceduru, gorivo od najviše točke penjanja do najviše točke spuštanja, uključujući svako penjanje i spuštanje između, gorivo od vrhunca spuštanja do mjesta početka prilaza, uključujući očekivanu prilaznu proceduru i gorivo za spuštanje i slijetanje na dolazni aerodrom;
3. **Gorivo za nepredviđene situacije (eng. Contingency fuel)** – u proračun ulazi gorivo za kompenzaciju nepredviđenih čimbenika koji mogu utjecati na potrošnju goriva do destinacije, koje mogu biti odstupanja potrošnje zrakoplova od predviđenih, promjena planirane visine, rute leta ili promjena meteoroloških uvjeta na izabranoj ruti leta.

Količina goriva za nepredviđene situacije trebala bi ispunjavati jedan od uvjeta:

a. 5% planiranog putnog goriva, ili u slučaju promjene rute, 5% planiranog putnog goriva za ostatak leta;
b. 3% planiranog putnog goriva, ili u slučaju promjene rute leta, 3% planiranog goriva za ostatak leta, u slučaju da postoji alternativni aerodrom;
c. Količinu goriva potrebnu za 20 minuta leta proračunatu temeljem planirane potrošnje goriva, uz uvjet da operater ima uspostavljen program nadziranja potrošnje goriva individualnih zrakoplova;
d. Količinu goriva za 5 minuta leta pri brzini čekanja na visini od 1500 ft (450 m) iznad aerodroma destinacije u standardnim uvjetima.

3. **Gorivo za let do alternativnoga aerodroma (eng. Alternate fuel)** – uključuje gorivo potrebno za:
    a. Neuspjeli prilaz od minimalne visine snižavanja na odredišnom aerodromu do visine neuspjelog prilaženja, uzimajući u obzir cijeli postupak neuspjelog prilaza;
    b. Penjanje od visine neuspjelog prilaženja do visine krstarenja;
    c. Krstarenje od najviše točke do najviše točke spuštanja;
    d. Spuštanje od najviše točke spuštanja do točke na kojoj započinje procedura prilaza, uzimajući u obzir očekivanu dolaznu proceduru;.
    e. Prilaz i slijetanje na alternativni aerodrom odredišta.
4. **Gorivo završne rezerve (eng. Final reserve fuel)** – količina goriva koja zrakoplovima s klipnim motorima treba omogućiti 45 minuta leta.
5. **Dodatno gorivo (eng. Additional fuel)** – količina goriva koja je dovoljna za 15 minuta čekanja na 1500 ft (450 m) iznad aerodroma, pri standardnim uvjetima, kada je let u IFR pravilima letenja bez naznačenog alternativnog aerodroma, u slučaju otkaza motora ili sustava za nadtlak na najkritičnijoj točki rute kako bi zrakoplov mogao nastaviti let do prikladnog aerodroma, uključujući spuštanje, čekanje 15 min na 1500 ft (450 m) iznad aerodroma te prilaz i slijetanje.
6. **Posebno gorivo (eng. Extra fuel)** – svaka dodatna količina goriva koju pilot može odrediti po vlastitoj procjeni [8].

8.2. PRORAČUN GORIVA PO ETAPAMA RUTE LETA

Pri proračunu goriva za voženje, koristi se procjena moguće potrošnje goriva zrakoplova pri kretanju po manevarskim površinama aerodroma prije dolaska na uzletno-sletnu stazu i konačnog polijetanja.

Količina putnog goriva mora biti dostatna za penjanje do visine krstarenja, zatim spuštanje te slijetanje na aerodrom destinacije. Uzima se proračun potrošnje pri penjanju prema dijagramu vremena, goriva i udaljenosti prijeđene tijekom penjanja (slika 3) te se koristi tablica za postavljanje snage u krstarenju za određivanje potrošnje na visini krstarenja (tablica 2).

Količina goriva za nepredviđene situacije iznosi 5% od ukupno proračunatog putnog goriva.

Količina goriva za let do alternativnog aerodroma dovoljna je za neuspjeli prilaz na odredišnom aerodromu, ponovno penjanje do visine krstarenja, spuštanje do prilaza i slijetanje na alternativnom aerodromu.

Količina goriva završne rezerve dovoljna je za dodatnih 45 minuta leta.

Primjer:

Planirana količina goriva za voženje iznosi 2 US gal.

Za početni segment penjanja od aerodroma polijetanja do visine 2000 ft, koja se postiže nakon 5 NGM uz vjetar od 5 kn, iz dijagrama (slika 3) očitava se vrijednost od 1 US gal.

Za krstarenje na 2000 ft visine do točke W1, očitava se potrošnja goriva iz tablice za postavku snage prema temperaturi na odabranoj visini leta (tablica 2). Ukoliko temperatura značajno odstupa od standardne, odaberu se podaci o potrošnji koji su najbliži stvarnim uvjetima. Temperatura na visini 2000 ft iznosi 15 °C, stoga se odabire potrošnja goriva prema podacima za standardan dan (ISA uvjeti). Očitana vrijednost potrošnje goriva je 11,2 GPH, koja se potom dijeli sa 60 kako bi se dobila potrošnja goriva po minuti leta. Po etapama leta na 2000 ft, koje traju 7 min dobiva se potrošnja od 2 US gal.

Za penjanje po ruti od točke W1 od visine 2000 ft do visine 6000 ft, koja se postiže nakon 10 NGM, potrebno je 2 US gal.

Za krstarenje na 6000 ft visine do točke Senj, potrošnja goriva iznosi 12,0 GPH. Vrijeme leta nakon postignutih 6000 ft visine po etapama leta je 15 min za kojih je potrebno 3 US gal goriva.

Prolaskom točke Senj, zrakoplov se spušta na 5000 ft te se iz tablice za postavke snage očitava potrošnja na odabranoj visini od 11,8 GPH. Vrijeme leta na 5000 ft do točke V1 iznosi 18 min za kojih je potrebno 4 US gal goriva.
Od točke V1 do slijetanja na aerodrom u Zadru zrakoplov leti na 2000 ft za potrošnju goriva od 11,2 GPH. Vrijeme leta na visini 2000 ft iznosi 8 min za kojih je potrebno 2 US gal goriva.
Za jednomotorni klipni zrakoplov, količina goriva potrebna za slijetanje se ne proračunava te je zanemariva.
Ukupna potrebna količina putnog goriva iznosi 14 US gal.
Količina goriva za nepredviđene situacije je 5% ukupnog putnog goriva, što iznosi 1 US gal.
Za let do alternativnog aerodroma, potrebna je količina goriva dovoljna za penjanje nakon neuspjelog prilaza na LDZD i nastavak leta prema LDRI na visini 2000 ft. Za segment penjanja do visine 2000 ft iz dijagrama (slika 3) očitava se vrijednost od 1 US gal.
Krstarenje na visini 2000 ft do alternativnog aerodroma uz leđni vjetar 5 kn traje 28 min. Prema tablici za postavku snage (tablica 2), potrošnja na visini 2000 ft iznosi 11,2 GPH. Ukupno gorivo za let do alternativnog aerodroma iznosi 6 US gal.
Gorivo završne rezerve za jednomotorni klipni zrakoplova treba biti dostatno za 45 min leta, uz potrošnju od 12 GPH iznosi 9 US gal.

Ukupno gorivo potrebno za let:

Gorivo za voženje:	2 US gal
Putno gorivo:	14 US gal
Gorivo za nepredviđene situacije:	1 US gal
Gorivo za let do alternativnog aerodroma:	6 US gal
Gorivo završne rezerve:	9 US gal
Ukupno gorivo potrebno za let:	32 US gal

9. IZRADA NAVIGACIJSKOG PLANA

Nakon odabira rute leta, pregledanih meteoroloških podataka, proračuna penjanja i krstarenja, proračuna goriva potrebnog za let, pristupa se izradi navigacijskog plana leta (tablica 3) koji uključuje skup svih podataka koje pilot treba pripremiti prije provedbe leta. Dio navigacijskog plana također služi za kontroliranje podataka tijekom leta, kako bi pilot bio siguran da su navedeni podaci točni ili da situacija u letu odstupa od predviđene.

Navigacijski plan uključuje rubrike:

1. **ROUTE/FIX** (ruta/točka), upisuju se pojedine etape rute, označene početnom (FROM) i krajnjom točkom (TO);
2. **ALT** (visina), upisuje se podatak o odabranoj visini za pojedinu etapu rute, izražava se u stopama (ft);
3. **OAT** (vanjska temperatura), upisuje se podatak o temperaturi na odabranoj visini leta, izražava se u stupnjevima celzijusa (ºC);
4. **WIND** (vjetar), upisuju se podaci o smjeru vjetra (DIR) i brzini vjetra (VEL);
5. **TC** (eng. True Course – stvarni kurs), upisuje se iznos stvarnog kursa izmjerenog na karti s ploterom;
6. **WCA** (eng. Wind Correction Angle – kut ispravke vjetra), upisuje se iznos kut za koji pilot mora korigirati kurs leta zrakoplova kako bi kompenzirao utjecaj vjetra na smjer leta.

   Izračunava se određivanjem maksimalnog kuta zanošenja vjetra pomoću formule (3):

$$DA_{max} = \frac{V}{TAS} \cdot 60 \qquad 3$$

   Te se korigira za kut upada vjetra pomoću formule (4):

$$DA = DA_{max} \cdot \sin(RWA) \qquad 4$$

7. **TH** (eng. True Heading – stvarni pravac), upisuje se iznos stvarnog pravca leta kojim pilot leti kako bi kompenzirao utjecaj vjetra, izračunava se kao stvarni kurs korigiran za kut ispravke vjetra, zapisuje se formulom (5):

$$TH = TC + (\pm WCA) \qquad 5$$

8. **VAR** (varijacija), upisuje se iznos magnetske varijacije;
9. **MH** (eng. Magnetic Heading – magnetski pravac), upisuje se iznos magnetskog pravca leta, izračunava se kao stvarni pravac leta korigiran za iznos varijacije, zapisuje se formulom (6):

$$MH = TH + (\pm VAR) \quad 6$$

10. **MC** (eng. Magnetic Course – magnetski kurs), upisuje se iznos magnetskog kursa leta, izračunava se kao stvarni kurs korigiran za iznos varijacije, zapisuje se formulom (7):

$$MC = TC + (\pm VAR) \quad 7$$

11. **CH** (eng. Compass Heading – kompasni pravac), upisuje se iznos kompasnog pravca leta, izračunava se kao magnetski pravac leta korigiran za devijaciju kompasa, zapisuje se formulom (8):

$$CH = MH + (\pm DEV) \quad 8$$

Rubrika kompasnog pravca leta je ona koju pilot gleda i prema kojoj podešava svoj pravac leta jer uključuje sve potrebne korekcije za magnetsku varijaciju, devijaciju i brzinu i smjer vjetra, zapisuje se formulom (9):

$$CH = TC + (\pm VAR) + (\pm DEV) + (\pm CA) \quad 9$$

12. **DISTANCE** (udaljenost), upisuje se iznos udaljenosti između 2 točke na pojedinim etapama rute (LEG), ukupna udaljenost i preostala udaljenost (REM) u zemaljskim nautičkim miljama;
13. **TAS** (eng. True Airspeed – stvarna brzina leta), upisuje se iznos stvarne brzine leta zrakoplova;
14. **GS** (eng. Ground Speed – putna brzina), upisuje se iznos putne brzine zrakoplova, procijenjena (EST) i stvarna koju pilot očitava ili izračunava tokom leta (ACT).

Računa se pomoću formule (10):

$$GS = TAS \pm [V \cdot \cos(RWA)] \quad 10$$

15. **TIME** (vrijeme), upisuje se iznos vremena potreban za prevaljivanje udaljenosti pojedinih etapa u minutama, procijenjeno vrijeme (ETE) i stvarno vrijeme koje pilot zabilježi tokom leta (ATE);
16. **FUEL** (gorivo), upisuje se količina goriva koja je planirana za potrošnju po pojedinim etapama rute, procijenjena vrijednost (EST) i stvarna vrijednost (ACT) koju pilot kontrolira tokom leta;

17. **ON ROTUE** (ukupno na ruti), upisuju se iznosi ukupne udaljenosti, vremena i goriva planiranog za odabranu rutu leta;
18. **ALTERNATE** (alternativni aerodrom), upisuju se svi navedeni podaci za izabrani alternativni aerodrom, ako postoji;
19. **FUEL REQUIRED** (proračun ukupnog goriva), upisuje se potreban iznos planiranog goriva za voženje, rutu leta, neplanirane situacije, 45min leta, let do alternativnog aerodroma;
20. **CLEARENCES** (odobrenja) pilot može olakšati pamćenje odobrenja i podataka dobivenih od kontrole leta zapisujući ih u polje odobrenja;
21. **NOTES** (bilješke) služi pilotu prije i za vrijeme leta za zapisivanje informacija koje smatra korisnima i poželjnima.

Tablica 4. Navigacijski plan leta

SINGLE ENGINE PISTON NAVIGATIONAL AND FUEL PLAN																					
ROUTE/FIX		ALT [ft]	OAT [°C]	WIND		TC [°]	WCA [°]	TH [°]	VAR [°]	MH [°]	MC [°]	CH [°]	DISTANCE		TAS [kn]	GS		TIME		FUEL	
FROM	TO			DIR [°]	VEL [kn]								LEG [nm]	REM [nm]		EST [kn]	ACT [kn]	ETE [min]	ATE [min]	EST [gal]	REM [gal]
LDZA	N3	↗												133				3		1	
N3	R2	2000	15	190	5	263	-2	261	4	265	267	265	9	124	147	145		4		1	
R2	W1	2000	15	190	5	236	-1	235	4	239	240	239	8	116	147	143		3		1	
W1	TOUNJ	6000	7	260	5	207	2	209	4	213	211	213	28	88	150	147		11		3	
TOUNJ	SENJ	6000	7	240	5	231	0	231	4	235	235	235	25	63	150	145		10		2	
SENJ	RAB	5000	8	225	5	204	1	205	3	208	207	208	15	48	152	147		6		2	
RAB	V1	5000	8	225	5	152	2	154	3	157	155	157	30	18	152	150		12		2	
V1	R1	2000	15	175	5	194	-1	193	3	195	197	195	9	9	147	142		4		1	
R1	W2	2000	15	175	5	124	1	125	4	129	128	129	9	0	147	144		4		1	
W2	LDZD	↘																3			
ON ROUTE													133					60		14	
ALTERNATE																					
LDRI		2000	15	225	5	332	-2	330	3	333	335	333	77		147	150		31		6	

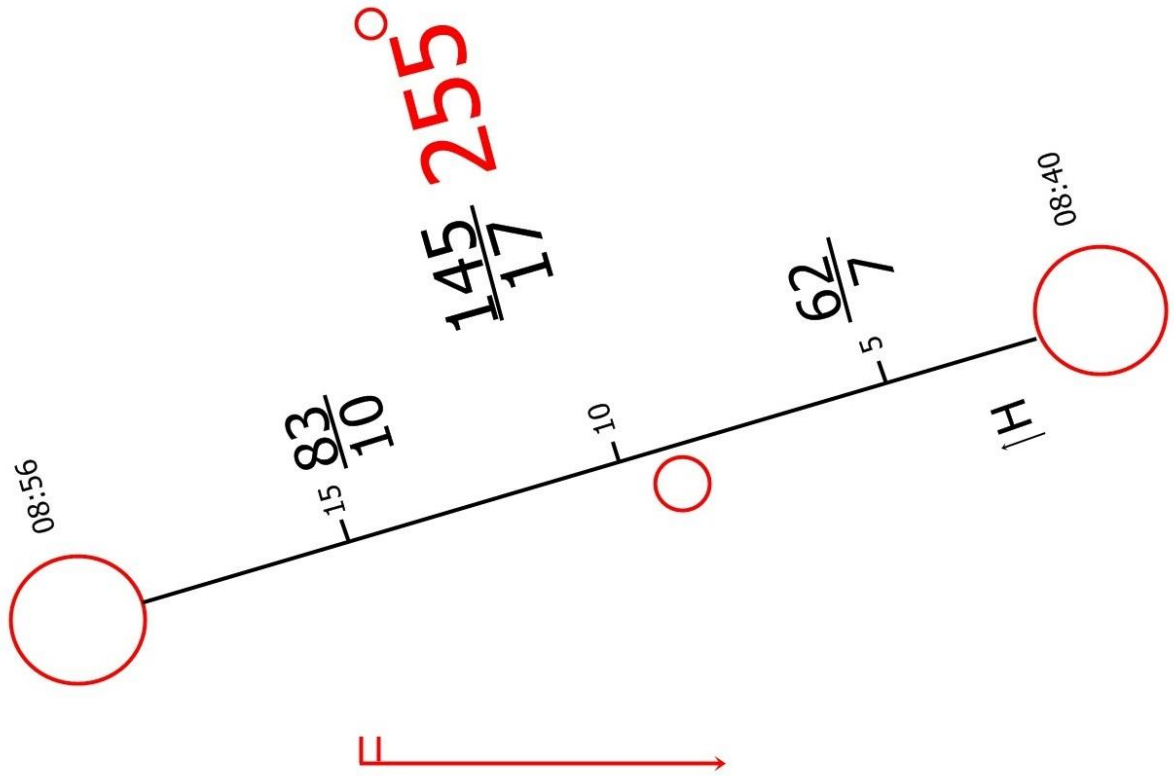
FUEL MONITORING

FUEL REQUIRED [gal]		CLEARENCES	NOTES
TAXI	2		
TRIP+5%	15		
TO ALTERNATE	6		
+45MIN	9		
TOTAL	32		
CARRIED	32		
EXTRA	-		

10. UCRTAVANJE NAVIGACIJSKIH ELEMENATA NA KARTU

Nakon izrade navigacijskog plana, može se pristupiti izradi karte. Ukoliko se elementi ucrtavaju na kartu, preporučljivo ju je kvalitetno plastificirati kako bi se mogla koristiti više puta. Elementi rute se na kartu ucrtavaju različitim i oznakama (slika 4) vodootpornim markerom kojeg se nakon pisanja može ukloniti sa plastificirane podloge acetonom ili alkoholom. Svi elementi trebaju biti dovoljno jasno izraženi u odnosu na sadržaj karte kako bi bili uočljivi i nedvosmisleni pilotu za vrijeme leta.

Ucrtana ruta i njeni elementi na karti grafički su prikaz plana letenja koji pilot koristi za orijentaciju, kontrolu puta i za ispravke nakon uočenih odstupanja [4].



Slika 6. Označavanje navigacijskih elemenata na karti

Početna i krajnja točka rute ili etape rute te kontrolni orijentiri označavaju se crvenim kružnicama i međusobno se povezuju ravnim linijama koje su kurs leta zrakoplova. Mjerenjem na karti dobiva se pravi kurs leta, koji je zatim potrebno korigirati kako bi se dobio magnetski kurs leta, što je detaljnije objašnjeno u devetom poglavlju. Tako dobiveni magnetski kurs leta označava se crvenom bojom, sa desne strane nakon navigacijskih razlomaka.

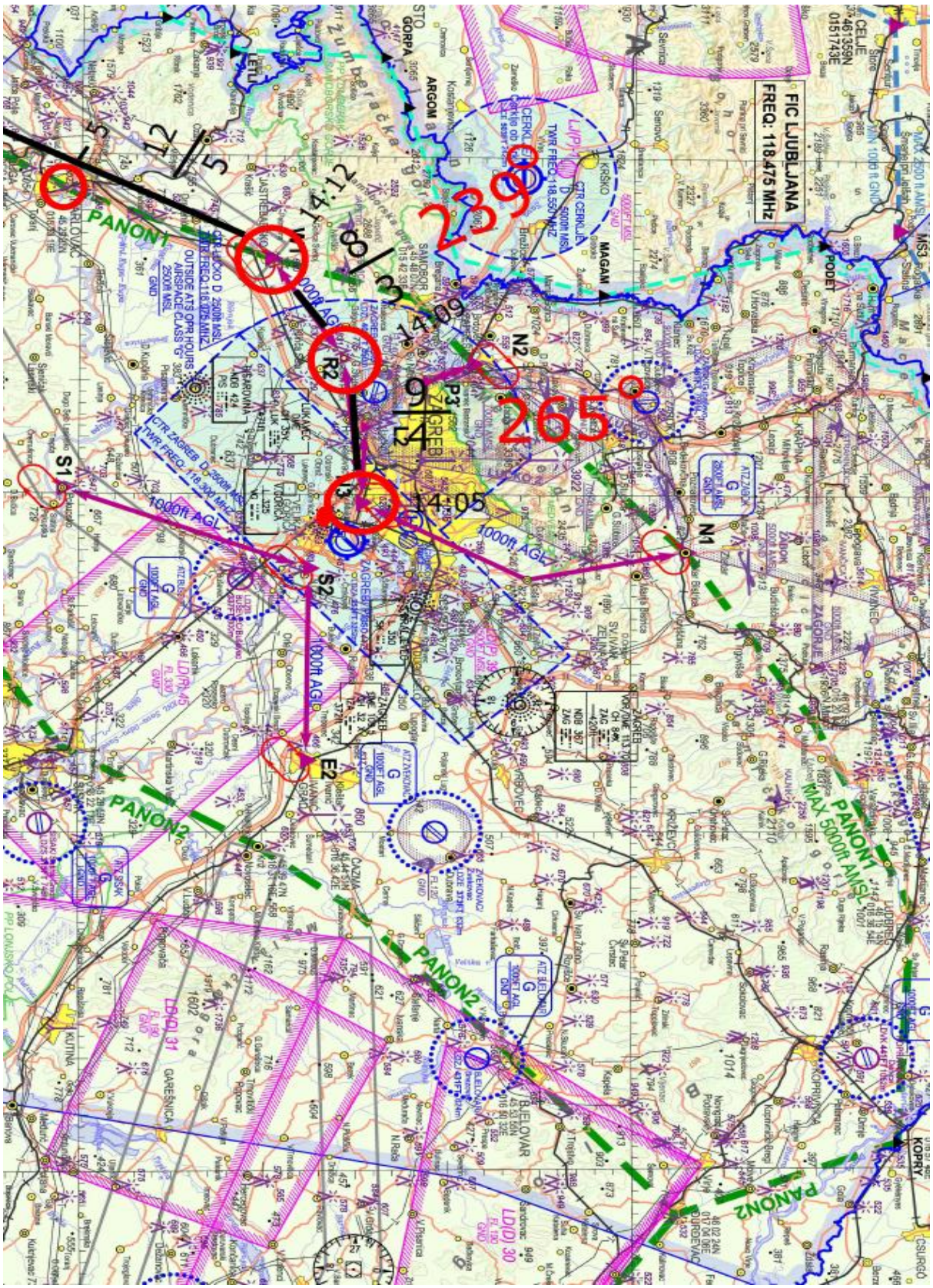
Navigacijskim razlomcima zapisuju se duljina i vrijeme pojedinih etapa rute. U brojniku se nalazi udaljenost između dvije točke, a u nazivniku vrijeme potrebno za prelazak udaljenosti između dvije točke. Udaljenost se zapisuje u nautičkim miljama, a vrijeme u minutama. Navigacijski razlomci mogu se zapisivati i za manje segmente rute, ako je istaknut kontrolni orijentir, kako bi se kontrolirala točnost proračuna vremena i brzine leta. Uz poznatu udaljenost (DIST) i putnu brzinu leta (w, GS), vrijeme u minutama računa se pomoću formule (11):

$$TIME = \frac{DIST}{GS} \cdot 60 \qquad 11$$

Za kontrolu vremena po pojedinim etapama rute koristi se minutna ili petominutna podjela. Ucrtava se uz liniju kursa leta zrakoplova tako da se istakne svakih 5 minuta provedenih na pojedinoj etapi rute. Također, pored svakog prekretnog orijentira, obilježava se predviđeno vrijeme dolaska.

Promjena visina leta označavaju se slovom H i pripadajućim strelicama, gore ili dolje, ovisno o smjeru u kojem se mijenja visina leta zrakoplova.

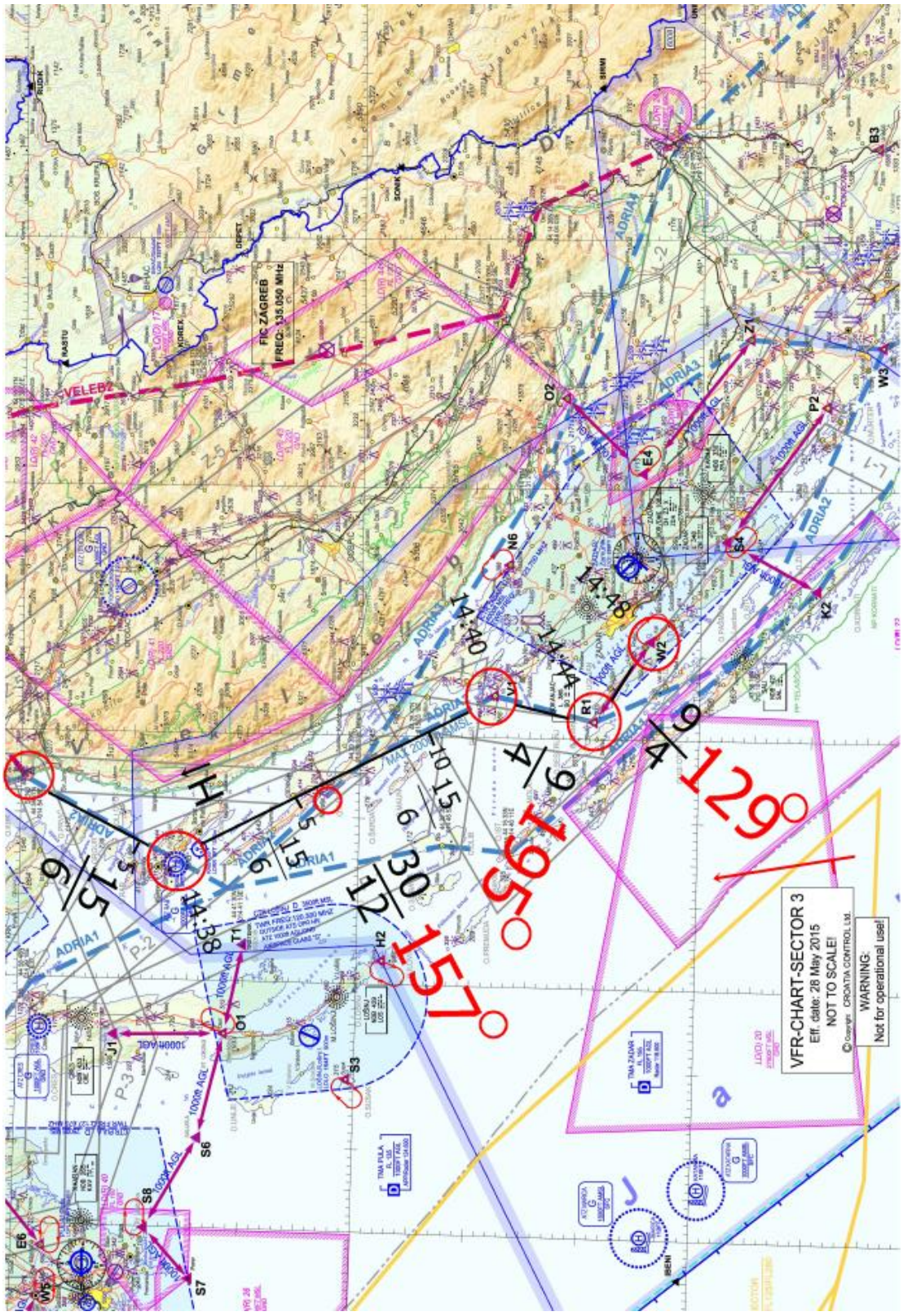
Crtanje navigacijskih elemenata na karti za primjer odabrane rute leta prikazan je slikama 7-10.



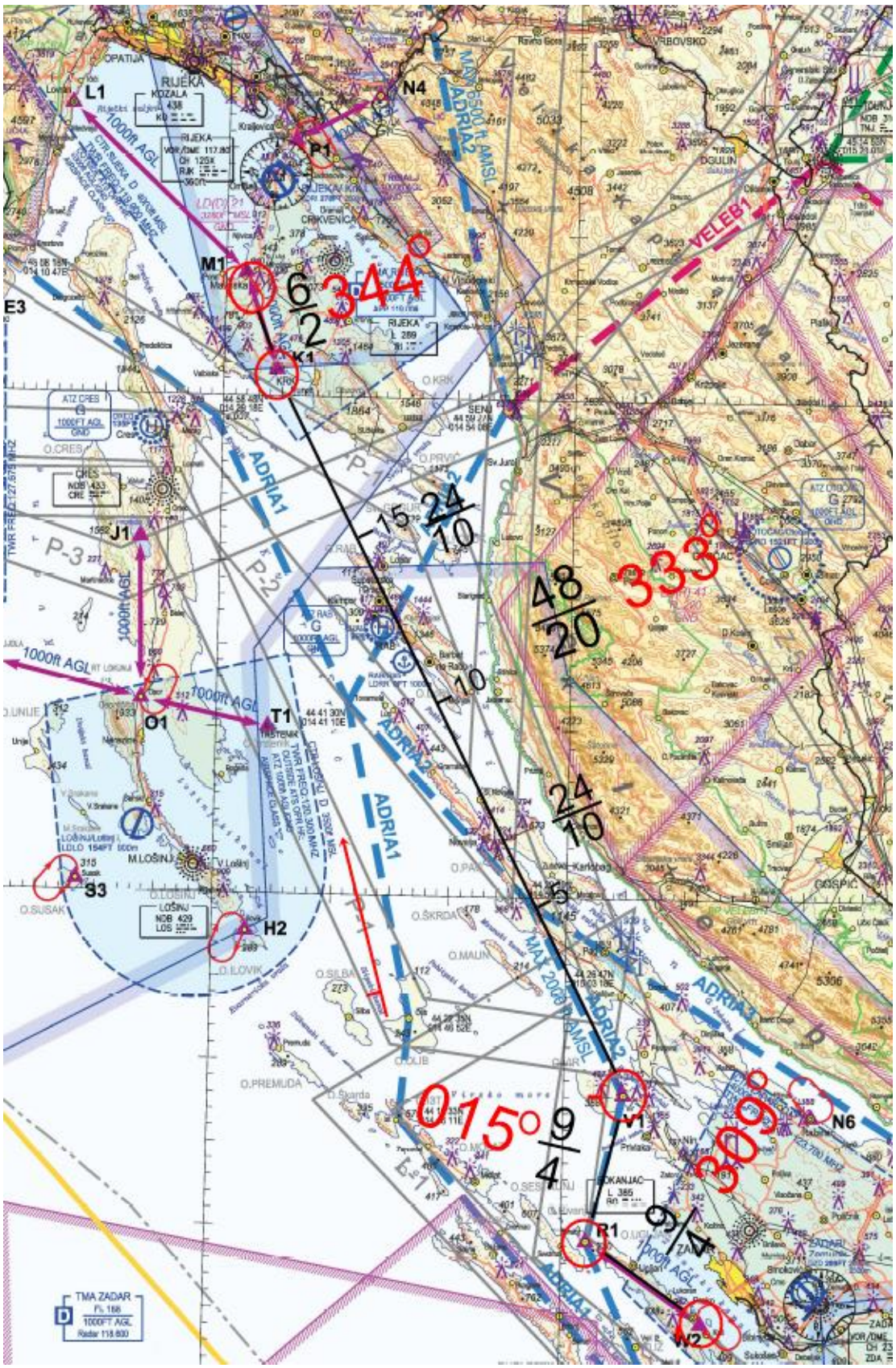
Slika 7. Prvi dio rute leta: LDZA – W1 [11]



Slika 8. Drugi dio rute leta: W1 – RAB [11]



Slika 9. Treći dio rute leta: RAB – LDZD [11]



Slika 10. Ruta leta do alternativnog aerodroma: LDZD – LDRI [11]

11. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu objašnjen je proračun elemenata VFR navigacijske rute Zagreb-Zadar za jednomotorni klipni zrakoplov.

Objašnjeni su načini kojima se proračunavaju svi navigacijski elementi odabrane rute leta, visina, brzina, vrijeme i kurs leta te ostalih elemenata ključnih za sigurnu provedbu leta, obrada meteoroloških podataka i proračun goriva potrebnog za let.

Nakon proračuna svih elemenata, objašnjena je izrada navigacijskog plana leta i ucrtavanje bitnih navigacijskih elemenata na kartu.

Za uspješnu i točnu pripremu leta, potrebno je poznavanje računske navigacije, meteorologije, performansi zrakoplova i poznavanje karakteristika područja kojim pilot namjerava izvršiti let.

Prilikom leta može doći do odstupanja od proračunatih vrijednosti, mogu se promijeniti meteorološki uvjeti, promjena visine ili kursa leta zrakoplova, stoga kvalitetna priprema leta pilotu olakšava prilagodbu novonastalim situacijama.

Izrada navigacijskog plana i ucrtavanje navigacijskih elemenata na kartu od primjera do primjera može odstupati i nije zadana strogim pravilima, te ovisi isključivo o pojedincu, ali je od iznimne važnosti da navigacijska priprema leta bude točna i pilotu jasna.

Osim što kvalitetna priprema bitno utječe na sigurno izvršavanje leta, izrada navigacijskog plana, ucrtavanje navigacijskih elemenata na rutu te karte vremena spadaju i u zakonski obaveznu dokumentaciju koju svaki pilot mora imati sa sobom prilikom leta na izabranoj ruti.

LITERATURA

[1] ICAO Standards and Recommended Practices, Annex 2, Rules of the Air, http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/an02_cons%5B1%5D.pdf, svibanj 2016.

[2] Civil Aviation Authority JAR-FCL Examinations: Flight Planning Manual, CAP 697, http://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP697.pdf, svibanj 2016.

[3] ICAO Annex 5: Units of Measurement to be Used in Air and Ground Operations: https://www.caa.govt.nz/ICAO/ICAO_Compliance.htm, svibanj 2016.

[4] Grozdanić, B.; Hegeduš, M.: Zrakoplovna navigacija I.: kompasna navigacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1995.

[5] Novak, D.: Zrakoplovna računska navigacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

[6] Tutiš, V.: Zrakoplovna meteorologija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

[7] Hrvatska kontrola zračne plovidbe, http://met.crocontrol.hr/web/guest/ll-charts, svibanj 2016.

[8] Anderson, J. D. Jr.: Aircraft performance and design, WCB/McGraw-Hill, 1999.

[9] Flight Planning, Nordian AS, London 2007.

[10] ICAO Doc 8168, Aircraft operations, Volume I - Flight Procedures, http://www.aptrac.co.za/file/icao_8168_5th_ed..pdf, svibanj 2016.

[11] Crocontrol, VFR karta s preporučenim VFR rutama: http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=58, svibanj 2016.

POPIS KRATICA

ALT	(Altitude) Visina leta
CA	(Correction Angle) Kut ispravke
CAS	(Calibrated Air Speed) Kalibrirana brzina
CH	(Compass Heading) Kompasni
CS	(Course) Kurs leta
DA	(Drift Angle) Kut zanošenja
DEV	(Deviation) Magnetska devijacija
EAS	(Equivalent Air Speed) Ekvivalentna brzina
FL	(Flight Level) Razina leta
GS	(Ground Speed) Putna brzina
HDG	(Heading) Pravac leta
IAS	(Indicated Air Speed) Indicirana brzina
IFR	(Instrument Flight Rules) Instrumentalna pravila letenja
ISA	(International Standard Atmosphere) Međunarodna standardna atmosfera
MC	(Magnetic Course) Magnetski kurs leta
MH	(Magnetic Heading) Magnetski pravac leta
MSL	(Mean Sea Level) Srednja razina mora
NAM	(Nautical Air Mile) Zračna nautička milja
NGM	(Nautical Ground Mile) Zemljana nautička milja
OAT	(Outside Air Temperature) Vanjska temperatura zraka
SEP1	(Single Engine Piston) Jednomotorni klipni zrakoplov
SWC	(Significan Weather Chart) Karta značajnog vremena
TAS	(True Air Speed) Stvarna brzina
TC	(True Course) Pravi smjer leta
TH	(True Heading) Pravi pravac leta
TOC	(Top Of Climb) Najviša točka penjanja
UTC	(Universal Time Coordinated) Svjetsko koordinirano vrijeme
VAR	(Variation) Magnetska varijacija
VFR	(Visual Flight Rules) Vizualna pravila letenja
VMC	(Visual Meteorological Conditions) Vizualni meteorološki uvjeti
WGS84	(World Geodetic System) Referentni koordinatni sustav lokacija

POPIS SLIKA

Slika 1. Karta značajnog vremena ispod visine 10 000 ft, izvor: Hrvatska kontrola zračne plovidbe, http://met.crocontrol.hr/web/guest/ll-charts, svibanj 2016.

Slika 2. Karta vjetra i temperature za visinu 5000 ft, izvor: Hrvatska kontrola zračne plovidbe, http://met.crocontrol.hr/web/guest/ll-charts, svibanj 2016.

Slika 3. Određivanje vremena, goriva i udaljenosti prijeđene pri penjanju, izvor: Civil Aviation Authority JAR-FCL Examinations: Flight Planning Manual, CAP 697, http://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP697.pdf, svibanj 2016.

Slika 4. Prikaz profila leta na ruti

Slika 5. Prikaz profila leta do alternativnog aerodroma

Slika 6. Označavanje navigacijskih elemenata na karti

Slika 7. Prvi dio rute: LDZA – W1, izvor: Crocontrol, VFR karta s preporučenim VFR rutama: http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=58, svibanj 2016.

Slika 8. Drugi dio rute: W1 – RAB, izvor: Crocontrol, VFR karta s preporučenim VFR rutama: http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=58, svibanj 2016.

Slika 9. Treći dio rute: RAB – LDZD, izvor: Crocontrol, VFR karta s preporučenim VFR rutama: http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=58, svibanj 2016.

Slika 10. Ruta leta do alternativnog aerodroma: LDZD – LDRI, izvor: Crocontrol, VFR karta s preporučenim VFR rutama:http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=58, svibanj 2016.

POPIS TABLICA

Tablica 1. Minimumi za letove u VFR pravilima letenja, izvor: ICAO Standards and Recommended Practices, Annex 2, Rules of the Air, http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/an02_cons%5B1%5D.pdf, svibanj 2016.

Tablica 2. Postavljanje snage u krstarenju, izvor: Civil Aviation Authority JAR-FCL Examinations: Flight Planning Manual, CAP 697, http://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP697.pdf, svibanj 2016.

Tablica 3. Vertikalna separacija za VFR letove prema polukružnom sustavu raspodjele putnih razina leta, izvor: ICAO Standards and Recommended Practices, Annex 2, Rules of the Air, http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/an02_cons%5B1%5D.pdf, svibanj 2016.